物理

ver 1.0

はじめに

　これは自由選択「物理」のテキストです。スマホ縦画面にあわせて１６：９で作られています。全画面で見てください。

　物理の授業は週4時間あるので、毎週4時間分の勉強をしましょう。

勉強方法

①ノートに画面を写す。
　ノートは毎回新しいページの1行目から書き、１回の授業をページをめくらなくても見渡せるように作りましょう。

②解説動画を見て内容を理解する。

③プリントで問題演習を行う。
　解答は省略せずに使った公式や途中の計算式をかくこと。答えのみの場合は再提出なります。
　問題文の最後の括弧の中は答えです。自分の解答があっているか確認しながら進んでください。

④問題集の同じテーマの問題を解く。

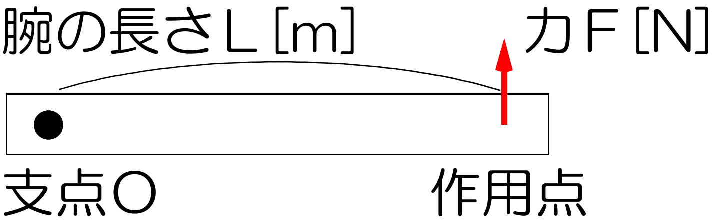
　問題を解くことが理解を深めることにつながるので、繰り返し問題を解きましょう。

※解説動画については後日お知らせします。
※プリントは１枚２点です。提出を忘れないこと。

物理　１時間目

1.力のモーメントN[N/m]

物体を回転させる働きのこと。

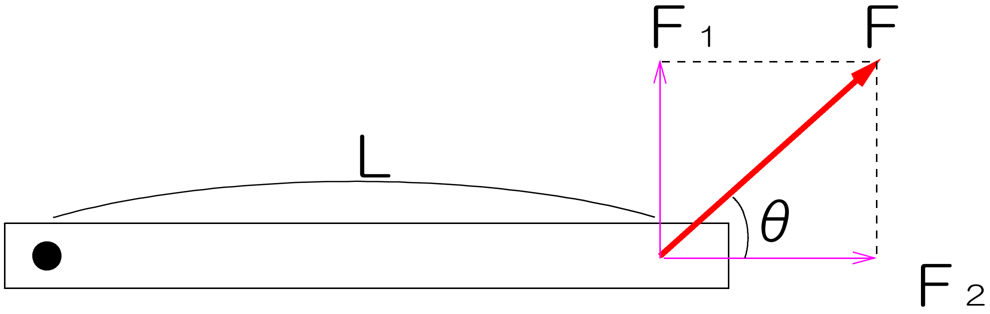


力Fは腕に対して直角のまま腕とともに回転する
支点O：回転の中心。上下左右に動かない。

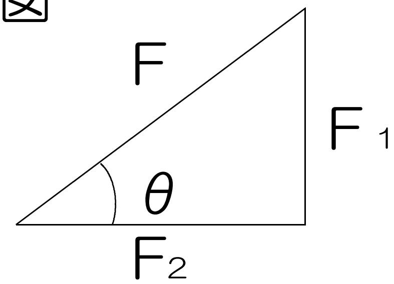
$\boxed{N=FL}$　F：力[N]
L：腕の長さ[m]
(支点から作用点までの距離)

2.力Fが腕に直角でないときの力のモーメントN

※腕に対して直角方向の力の大きさを考える。



図



図より

$$\frac{F_1}{F} = \sin\theta$$

$\therefore F_1 = F\sin\theta$

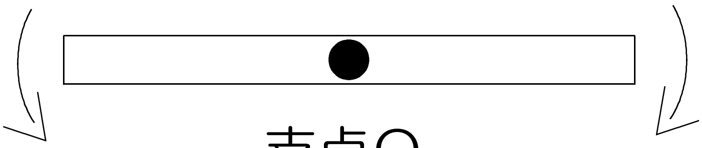
$N=FL$より

$N=F_1L=F\sin\theta\times L$

$$\boxed{N = FL\sin\theta}$$

Ｆ：力[N]
Ｌ：腕の長さ[m]

3.右回り・左回り



支点O

左回り
反時計回り

右回り
時計回り

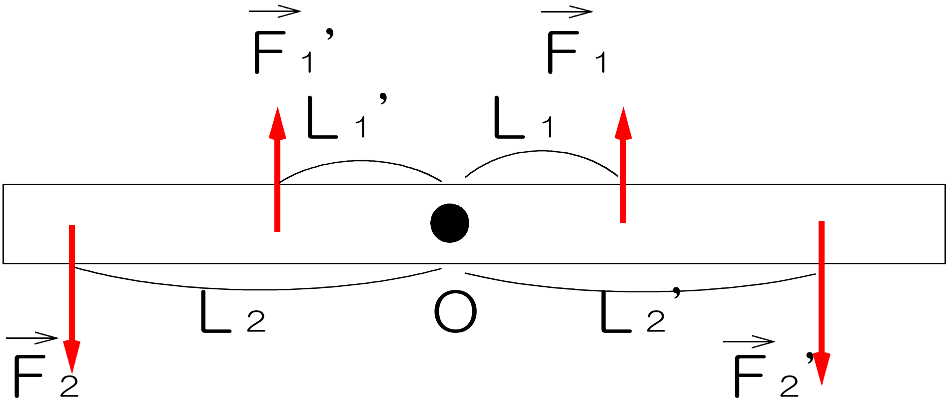
では、プリント「力のモーメント」をやってみよう。

●あとがき
（あとがきとまえがきは写さなくて良い）
力のモーメント ＝ 力×腕の長さと覚えよう。

物理2時間目

1.力のモーメントのつり合いとその条件
（物体が回転しないための条件）

左回りの 力のモーメントの和	＝	右まわりの 力のモーメントの和



力のモーメントのつり合いの式

$$F_1L_1+F_2L_2+\cdots = F_1'L_1'+F_2'L_2'+\cdots$$

※物体が静止しているとき、物体内のどの点を支点として考えても、力のモーメントのつり合いがとれている。（後で使います）

　では、プリント「力のモーメントのつり合い」をやってみよう。

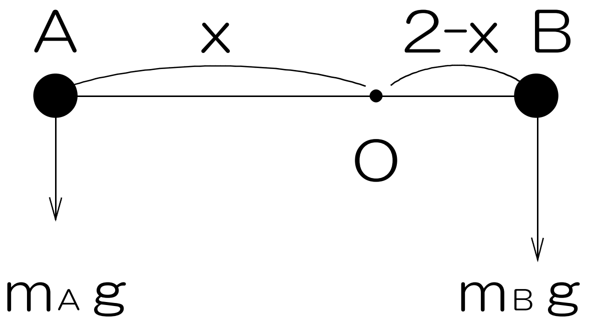
物理　3時間目

1.重心

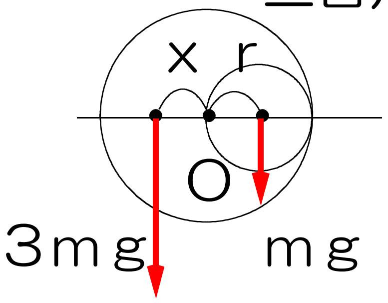
重さの中心のこと。

物体の重心を支えるとバランスがとれる。
＝重心を支点として力のモーメントのつり合いがとれる。

では、プリント「重心」をやってみよう。
ヒント
１問目
重心Ｏを自分で決め、つり合いの式を立てる。



３問目
切りぬいた小円をはめ込むと、大円が完成し、バランスがとれることを考える。
三日月の面積は小円の３倍→重さも３倍

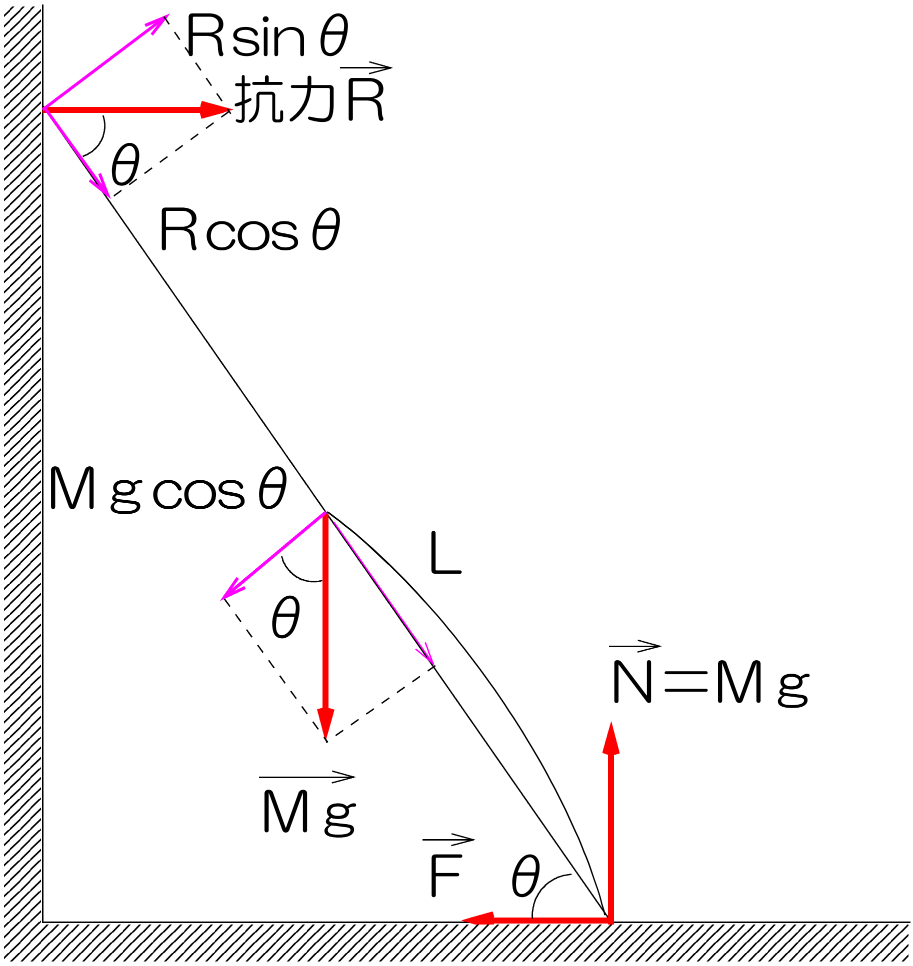


$$3mg \times x = mg \times 6$$

同様に、残りの問題も解ける。

物理　4時間目

力のモーメント応用例　なめらかな壁に立てかけられた質量Mの一様な棒が滑らないための条件
　一様な棒：重心が棒の真ん中にある。



棒の質量をM、長さを２L、
棒と床の間の静止摩擦係数をμ、
棒と壁の間の静止摩擦係数を０とする。

棒が静止しているとき、
　上下の力のつり合いより
　　Mg＝N…①

　左右の力のつり合いより

　　$R = F$…②

　力のモーメントのつり合い

　　棒と床の接点を支点Oとすると、

$$R\sin\theta \times 2L \quad = \quad Mg\cos\theta \times L \cdots ③$$

　※物体が静止しているときは、「上下」と「左右」と、「力のモーメント」のつり合いがとれている。また、R＞Fになると棒は滑る。

　※支点Oは物体内であればどこでもかまわない。

③より（両辺をLで割る）

$$R\sin \times 2 \ = \ Mg\cos\theta$$

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{Mg}{2R} \quad (\cos\theta と 2R を移項)$$

$$\tan\theta = \frac{Mg}{2R} \quad \left(\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta\right)$$

棒が滑り出す直前において

$$R = F = \mu Mg なので$$

$$\tan\theta = \frac{Mg}{2\mu Mg} = \frac{1}{2\mu}$$

棒が滑って倒れない条件

$$\tan\theta \geqq \frac{1}{2\mu}$$

　では、プリント「力のモーメント　応用」をやってみよう。

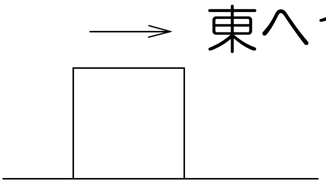
物理　５時間目

1.運動量Ｐ[kg·m/s]

運動の激しさを表す量。

$\boxed{P=mv}$　ｍ：質量[kg]
ｖ：速度[m/s]

例　東向きに速さ１０[m/s]で移動する質量８００[kg]の物体の持つ運動量



Ｐ＝ｍｖより
$P = 800 \times 10$
$\quad = 8000$ [kg·m/s]
東向き

2.力積　記号なし　[N·s]

物体に加えた力Ｆ×加えた時間

$\boxed{\text{力積}=Ft}$　Ｆ：力[N]
ｔ：時間[s]

3.運動量と力積の関係

なめらかな水平面上を初速度v_0で運動する物体に、力Ｆをｔ秒間加え続けたら速度がvになったとする。

このとき物体は加速度$a=\dfrac{F}{m}$の等加速度直線運動をするので、

$v = v_0 + at$ より

$v - v_0 = at$

$a = \dfrac{F}{m}$ より

$v - v_0 = \dfrac{F}{m}t$ （mを移項）

$m(v - v_0) = Ft$ （かっこを外す）

$$\underbrace{\underbrace{mv}_{\text{物体が力を加えられた後に持つ運動量}} - \underbrace{mv_0}_{\text{物体が初めに持っていた運動量}}}_{\text{運動量の変化量}} = \underbrace{Ft}_{\text{物体に加えられた力積}}$$

運動量の変化量は加えられた力積の量に等しい

→「運動量の変化量は力積に等しい」

$\boxed{mv - mv_0 = Ft}$

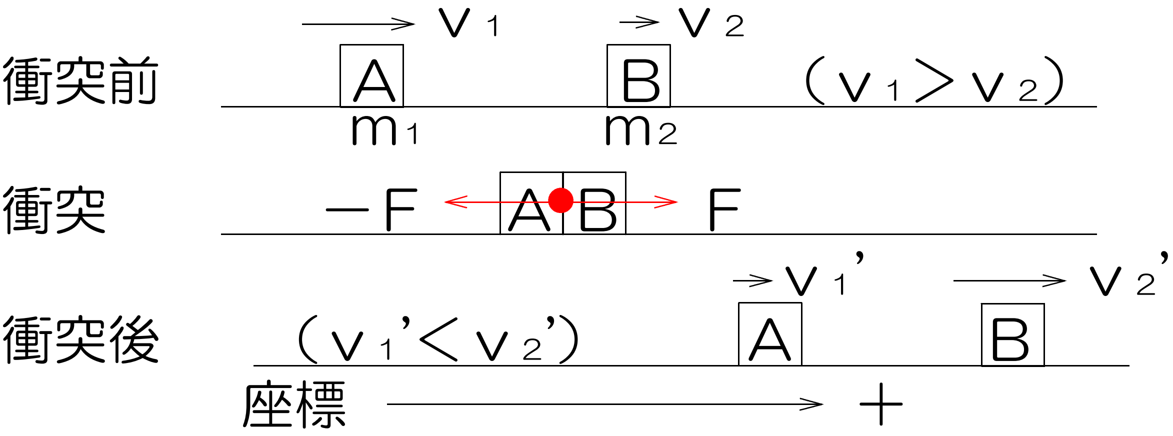
m：質量[kg]
v：速度[m/s]
v_0：初速度[m/s]
F：力[N]
t：時間[s]

では、「運動量・力積」をやってみよう。

物理　６時間目

1.運動量保存の法則

一直線上の物体の衝突について考える



衝突による物体Aの運動量の変化

$mv - mv_0 = Ft$ より

$m_1 v_1' - m_1 v_1 = -Ft$

$-m_1 v_1' + m_1 v_1 = Ft$ …①

衝突による物体Bの運動量の変化

$mv - mv_0 = Ft$ より

$m_2 v_2' - m_2 v_2 = -Ft$ …②

①＝②より

$-m_1 v_1' + m_1 v_1 = m_2 v_2' - m_2 v_2$

$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$

衝突前に
物体A,Bが持つ
運動量の和

衝突後に
物体A,Bが持つ
運動量の和

運動量保存の法則

外力が働かないとき、２物体の衝突の前後において運動量の和に変化はない。

$$\boxed{m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'}$$

m_1：物体Aの質量[kg]
m_2：物体Bの質量[kg]
v_1：物体Aの初めの速度[m/s]
v_2：物体Bの初めの速度[m/s]
v_1'：物体Aの衝突後の速度[m/s]
v_2'：物体Bの衝突後の速度[m/s]

では、「運動量保存の法則」をやってみよう。

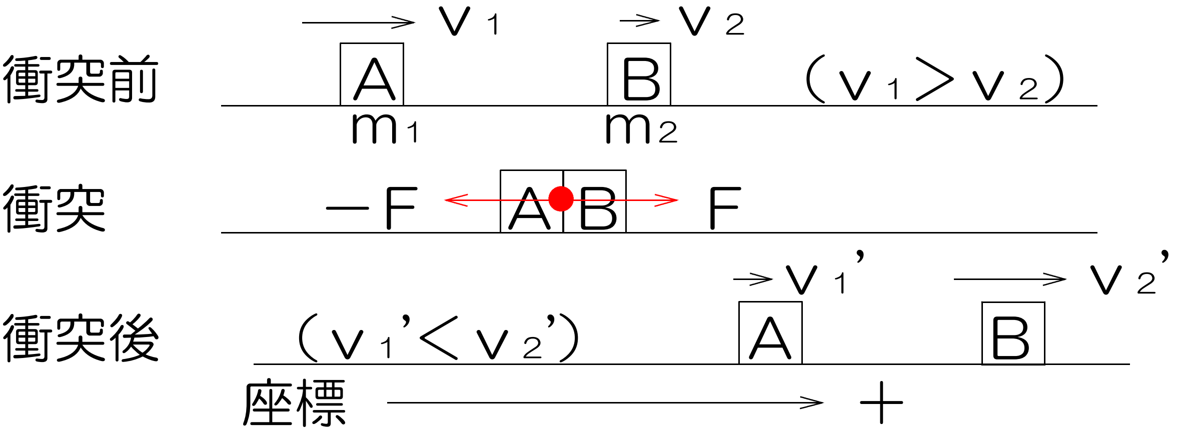
物理　７時間目

1.反発係数ｅ(はね返り係数)単位なし

　①はね返りやすさを表す値。

　②ぶつかる速さに対する、はね返る速さの割合。

　ＡがＢに後ろから衝突したとき、ＡはＢを力Ｆで押し、作用反作用の法則より、ＢはＡを－Ｆで押した。



$$e = \frac{\text{はね返る速さ}}{\text{ぶつかる速さ}} = \frac{\text{ＢがＡから遠ざかる速さ}}{\text{ＡがＢに近づく速さ}}$$

$$= \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} = \frac{-(v_1' - v_2')}{v_1 - v_2}$$

$$\boxed{e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}}$$

v_1：物体Ａの初めの速度[m/s]

v_2：物体Ｂの初めの速度[m/s]

v_1'：物体Ａの衝突後の速度[m/s]

v_2'：物体Ｂの衝突後の速度[m/s]

例　$v_1 = 6$[m/s]　$v_2 = 2$[m/s]

衝突前　A　B

$v_1' = 3$[m/s]　$v_2' = 4$[m/s]

衝突後　A　B

$\longrightarrow +$

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}$$ より

$$e = -\frac{3 - 4}{6 - 2}$$

$$= -\frac{-1}{4}$$

$$= 0.25$$

2.衝突の種類

$e = 0$　完全非弾性衝突

$0 < e < 1$　非弾性衝突

$e = 1$　(完全)弾性衝突

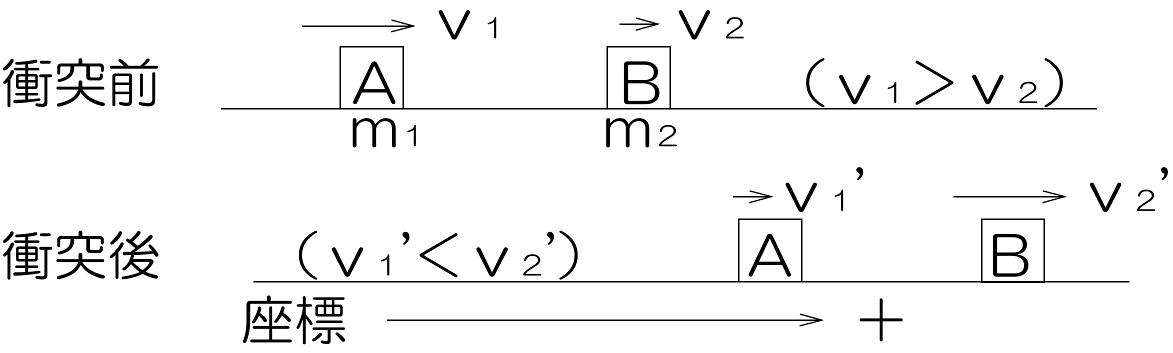
では、「反発係数」をやってみよう。

●あとがき

反発係数がマイナスになったり、１よりも大きくなることはない。

物理　8時間目

1.運動量保存の法則と反発係数



運動量保存の法則

$$\boxed{m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'}$$

反発係数

$$\boxed{e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}}$$

物体Ａ

m_1：質量[kg]

v_1：初めの速度[m/s]

v_1'：衝突後の速度[m/s]

物体Ｂ

m_2：質量[kg]

v_2：初めの速度[m/s]

v_2'：衝突後の速度[m/s]

この2つの公式を組み合わせて問題を解いていく。

例　右向きに速さ１[m/s]で進む質量４[kg]の物体Ａが、左向きに速さ０.５[m/s]で進む質量６[kg]の物体Ｂと衝突した。この衝突の反発係数を０.５とすると、物体Ａ,Ｂの衝突後の向きと速さはいくらか。右向きを座標の正の向きとして計算せよ。

図

Ａ ●→　　　←● Ｂ

$v_1 = 1\,[\mathrm{m/s}]$　　$v_2 = -0.5\,[\mathrm{m/s}]$

$m_1 = 4\,[\mathrm{kg}]$　　$m_2 = 6\,[\mathrm{kg}]$

座標 ────→ ＋

$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$　より

$$4 \times 1 + 6 \times (-0.5) = 4v_1' + 6v_2'$$

$$4 - 3 = 4v_1' + 6v_2'$$

$$1 = 4v_1' + 6v_2' \cdots ①$$

$e = -\dfrac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}$　より

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{1 - (-0.5)}$$

$$0.5 = -\frac{v_1' - v_2'}{1.5}$$

$$0.5 \times (-1.5) = v_1' - v_2'$$

$$-0.75 = v_1' - v_2' \cdots ②$$

①＋②×6

$$
\begin{array}{rrl}
 & 1 = & 4v_1' + 6v_2' \\
+) & -4.5 = & 6v_1' - 6v_2' \\
\hline
 & -3.5 = & 10v_1'
\end{array}
$$

$\therefore v_1' = -0.35$…③

③を②へ代入

$-0.75 = -0.35 - v_2'$…②

$v_2' = -0.35 + 0.75$

$= 0.4$

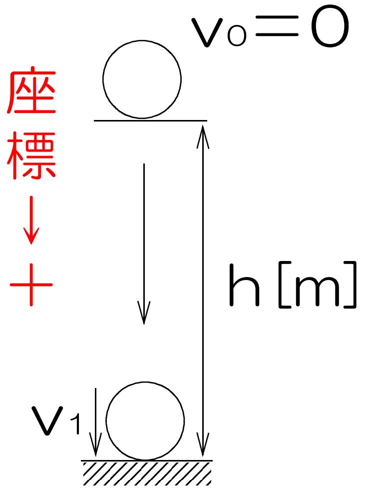
答え　物体A　左向き　0.35[m/s]
　　　物体B　右向き　0.4[m/s]

　では、「運動量保存の法則と反発係数」をやってみよう。

物理　９時間目

1.自由落下する物体の反発係数

①物体が床に衝突する速さ v_1

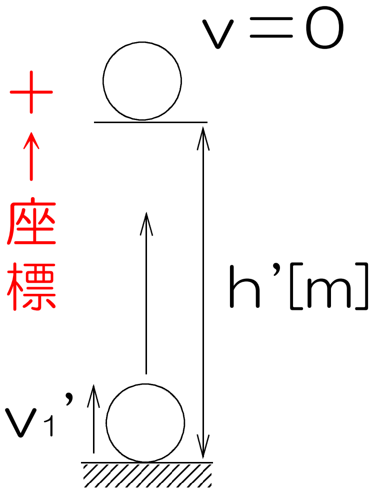


$$v^2-v_0{}^2 = 2as \text{ より}$$

$$v_1{}^2-0^2 = 2\times g\times h$$

$$\therefore v = \sqrt{2gh} \quad \cdots (a)$$

②物体がはね返る速さ v_1'



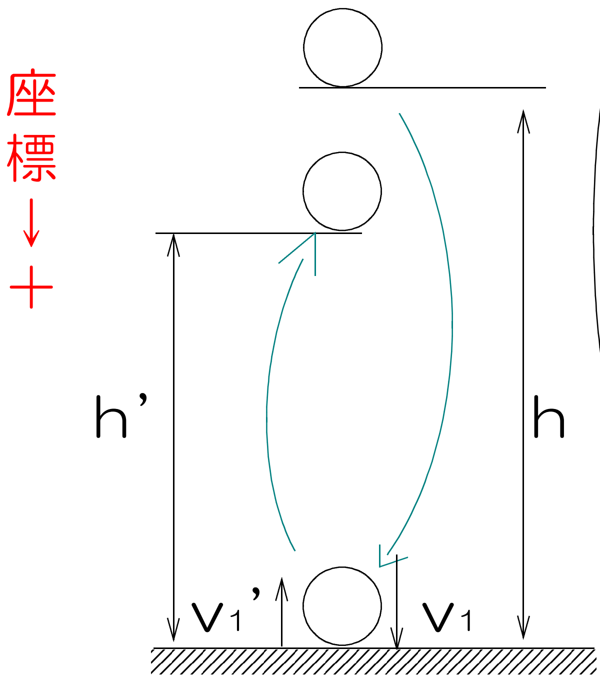
$$v^2-v_0{}^2 = 2as \text{ より}$$

$$0^2-v_1'^2 = 2\times(-g)\times h'$$

$$-v_1'^2 = -2gh'$$

$$\therefore v_1' = \sqrt{2gh'} \quad \cdots (b)$$

③自由落下する物体の反発係数ｅ



$v_1 = \sqrt{2gh}$

$v_1' = -\sqrt{2gh'}$

$v_2 = 0$（床の速さ）

$v_2' = 0$（床の速さ）

座標は下向きが＋、
v_1'は上向きなので－

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} \quad \text{より}$$

$$e = -\frac{-\sqrt{2gh'} - 0}{\sqrt{2gh} - 0}$$

$$= \frac{\sqrt{2gh'}}{\sqrt{2gh}}$$

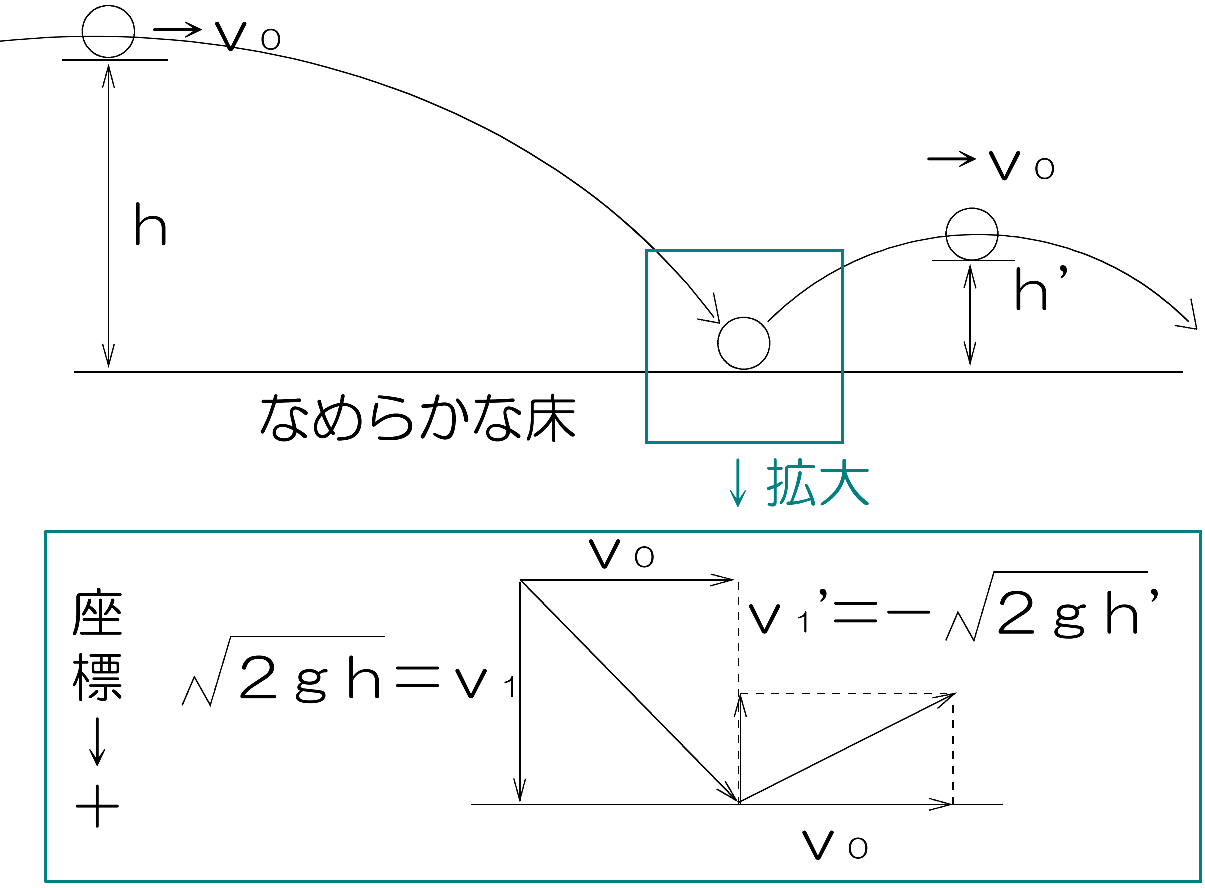
$$= \sqrt{\frac{2gh'}{2gh}}$$

$$= \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

では、「自由落下する物体の反発係数」をやってみよう。

物理　１０時間目

1.水平投射された物体の反発係数ｅ



ポイント

①なめらかな床に衝突しても、水平方向の速さは変化しない。

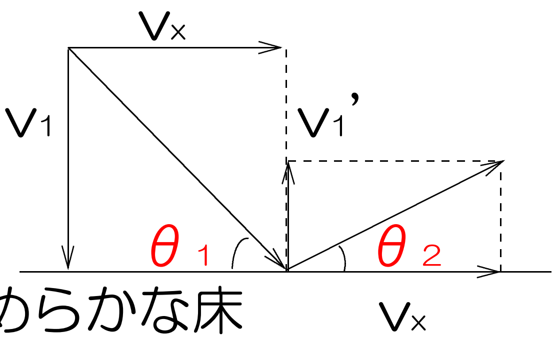
②v_1とv_1'は自由落下と同じ考え方でよい。

③反発係数ｅはv_1とv_1'のみで考える。
（水平方向の速さは無関係）

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} = -\frac{-\sqrt{2gh'} - 0}{\sqrt{2gh} - 0}$$

$$= \frac{\sqrt{2gh'}}{\sqrt{2gh}} = \sqrt{\frac{2gh'}{2gh}} = \sqrt{\frac{h'}{h}}$$

2.衝突の角度のみが分かっている場合の反発係数



$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} = より$$

$$= -\frac{-v_x\tan\theta_2 - 0}{v_x\tan\theta_1 - 0}$$

$$= \frac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1}$$

　では、「水平投射された物体の反発係数」をやってみよう。

物理　１１時間目

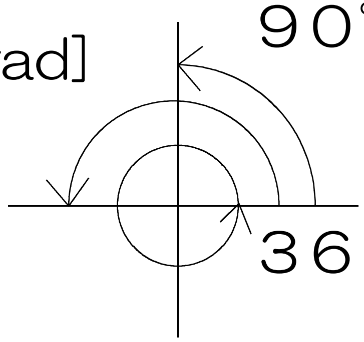
1.円運動

　１点を中心として、そのまわりをまわる(回転する)物体の運動。

2.角度θ[rad]（ラジアン）

　３６０°＝２π[rad]

１８０°＝π[rad]　　　９０°＝$\dfrac{\pi}{2}$[rad]



３６０°＝２π[rad]

3.周期Ｔ[s]

　物体が１周(回転)するのに要する時間

　例　2秒間に１０回転する物体の周期Ｔ

$$T=\frac{\text{時間}}{\text{まわった回数}}=\frac{2}{10}=0.2\,[\mathrm{s}]$$

4.回転数ｆ[Hz](ヘルツ)

　物体が1秒間に回転する回数

　例　2秒間に6周する物体の回転数ｆ

$$f=\frac{\text{まわった回数}}{\text{時間}}=\frac{6}{2}=3\,[\mathrm{Hz}]$$

5.周期Ｔと回転数ｆの関係

$$f\times T=\frac{\text{まわった回数}}{\text{時間}}\times\frac{\text{時間}}{\text{まわった回数}}=1$$

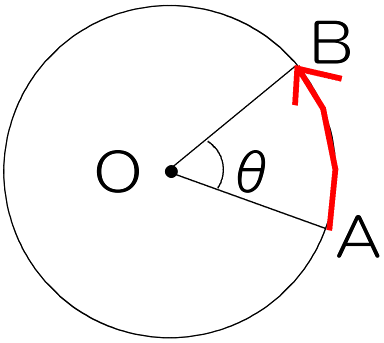
$\boxed{fT=1}$

では、「角度・周期・回転数」をやってみよう。

物理　12時間目

1.角速度ω(オメガ)[rad/s]

１秒間に回転する角度



ＡからＢまでｔ秒かかった

$$\boxed{\omega=\frac{\theta}{t}}$$

θ ：角度[rad]
ｔ ：時間[s]

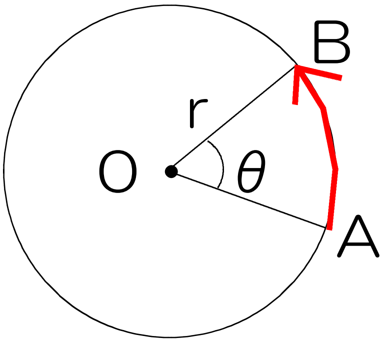
例　５秒間に２周する物体の角速度ω

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$ より

$$\omega = \frac{2\times 2\pi}{5} = 0.8\pi \fallingdotseq 2.5\,[\mathrm{rad/s}]$$

2.弧$\overset{\frown}{AB}$の長さ[m]

円周に対する$\overset{\frown}{AB}$の長さ ＝ 一周に対する中心角

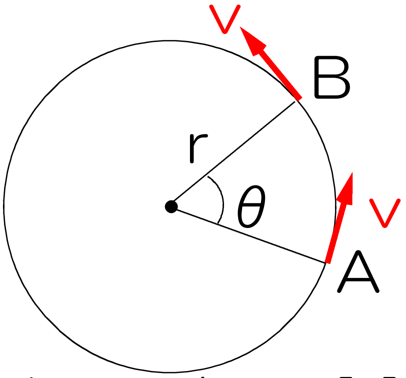


$$\frac{\overset{\frown}{AB}}{2\pi r} = \frac{\theta}{2\pi}$$

$$\therefore \overset{\frown}{AB} = \frac{\theta \times 2\pi r}{2\pi}$$

$$\boxed{\overset{\frown}{AB} = r\theta}$$

3.円周上の速さ v [m/s]



AからBまで t [s] かかったとする。

$$速さ v = \frac{距離}{時間}$$

$$= \frac{\overset{\frown}{AB}}{t}$$

$\overset{\frown}{AB} = r\theta$ より

$$v = \frac{r\theta}{t}$$

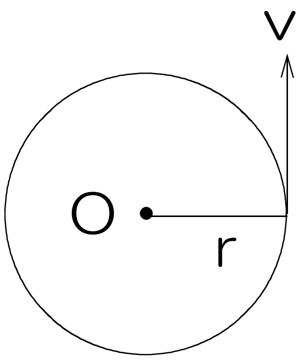
$\frac{\theta}{t} = \omega$ より

$$\boxed{v = r\omega}$$

r ：半径[m]
ω ：角速度[rad/s]

4.周期Ｔ[s]②

物体が１周(回転)するのに要する時間



$$T = \frac{円周の距離}{速さ}$$

$$= \frac{2\pi r}{v}$$

$v = r\omega$より

$$T = \frac{2\pi r}{r\omega}$$

$$= \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$$

（円周上の速さｖを使って計算する場合）

$$\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega}}$$

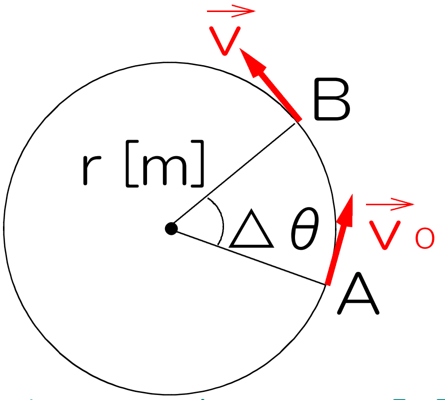
（角速度ωを使って計算する場合）

ｒ：半径[m]
ｖ：速さ[m/s]
ω：角速度[rad/s]

では、「角速度・円周上の速さ・周期」をやってみよう

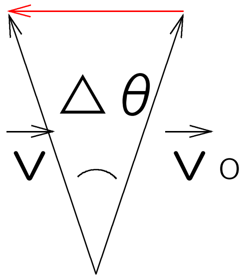
物理　１３時間目

1.等速円運動の加速度ａ[m/s²]



ＡからＢまでΔｔ[s]

$\Delta\vec{v}=\vec{v}-\vec{v}_o$



$v=v_o+at$　より

$v-v_o=at$

$$a=\frac{v-v_o}{t}$$

方向も含めて考えると

$$\vec{a}=\frac{\vec{v}-\vec{v}_o}{t}$$

$\Delta\vec{v}=\vec{v}-\vec{v}_o$とすると

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$|v|=|v_o|=v$とすると

$\Delta v=v\times\Delta\theta$なので

$$a=\frac{v\Delta\theta}{\Delta t}$$

$\dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}=\dfrac{\theta}{t}=\omega$より

$\boxed{a=v\omega}$

$v=r\omega$より

$\boxed{a=r\omega^2}$

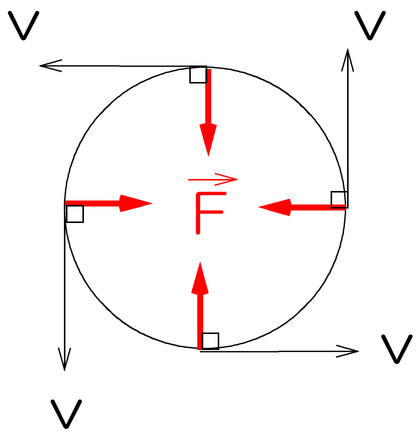
$\omega=v/r$より

$$\boxed{a=\frac{v^2}{r}}$$

ａ：加速度[m/s²]
ｒ：半径[m]
ω：角速度[rad/s]
ｖ：速さ[m/s]

2.向心力F[N]

物体を円運動させる(中心に向かう)力



$$\left(\begin{array}{l} F=ma \\ a=r\omega^2 \\ a=\dfrac{v^2}{r} \end{array}\right.$$

より

$$\boxed{F = mr\omega^2}$$

$$\boxed{F = m\frac{v^2}{r}}$$

向心力は物体の進行方向に対して直角向きに働くので、物体の進む向きを変えても、進む速さvは変化させない。

m：質量[kg]
r：半径[m]
v：速さ[m/s]
ω：[rad/s]

では、「加速度・向心力」をやってみよう。

●あとがき(この内容が分かるには時間がかかる)

物体に力が働かないとき物体はまっすぐ進む。円運動は力が円の中心に向かって働くので、F＝maにしたがって物体は円の中心に向かって加速します。つまり物体はまっすぐ進まずに、中心に向かって少しだけ落ちる(曲がる)。そして次の瞬間も進むときに少しだけ中心に向かって落ちます。この繰り返しによって物体は円を描くことになります。円周上の速さは変化しないのでつかみにくいのですが「物体は円の中心に向かって加速する」のです。

物理　１4時間目

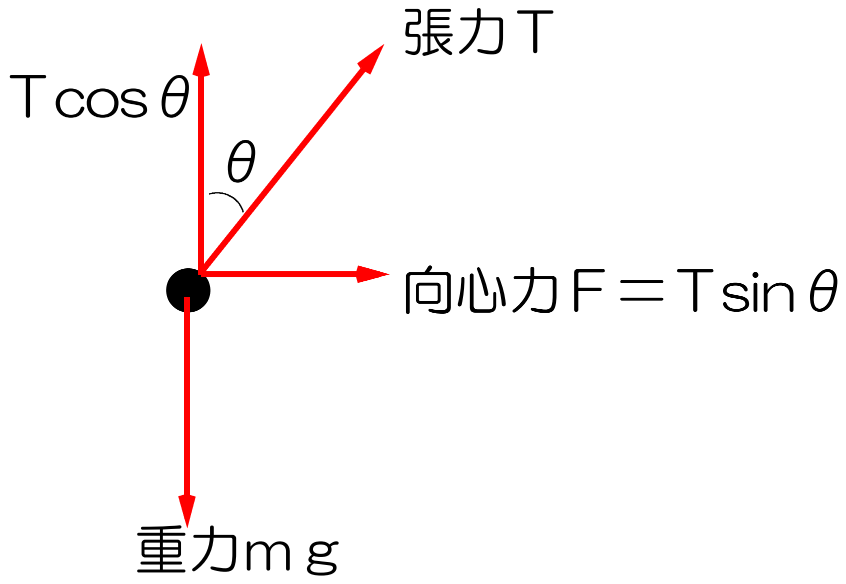
プリント「等速円運動　演習問題」
　今まで習ったことをもとに考えてください。

ヒント
右側上の問題
「３０回転するのに７５[s]かかった」ということは、回転数はいくら？

右下の問題
　Ｆ＝μＮを使う。

物理　１５時間目

プリント「等速円運動　演習問題２」
　このように天井からつるされたおもりを水平面内で円運動させるものを円錐振り子と呼ぶ。
　このおもりに働く力を考える。



　物体に働く力は、重力と張力の2つ。
　次に、張力を縦と横に分解。

　　上下の力のつり合いより
　　ｍｇ＝Ｔcos θ …①

　①よりＴが分かり、Ｆが決まる。

　Ｆ＝ｍｒ ω^2 にその結果を代入し、ω を決定

　Ｔ＝２π／ω より、Ｔが決まる。

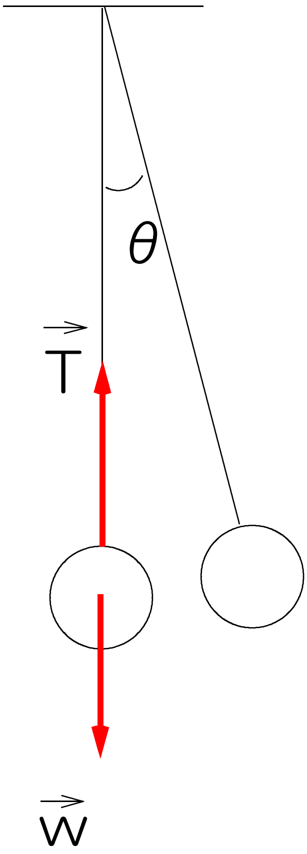
右ページも同様に計算。

物理　１６時間目

1.鉛直面内の円運動

　今までは水平面上の円運動を扱ってきましたが、今回は鉛直面内で物体を円運動させます。上下に物体は動くので、上がっていくときは徐々に速度が遅くなり、下がるときは、徐々に速くなります。したがって等速円運動ではなくなりますが、円を描いて運動するので、その一瞬一瞬において円運動の公式が成り立ちます。では実際の問題を見てみよう。

プリント「鉛直面内の円運動」をやってみよう。
１問目

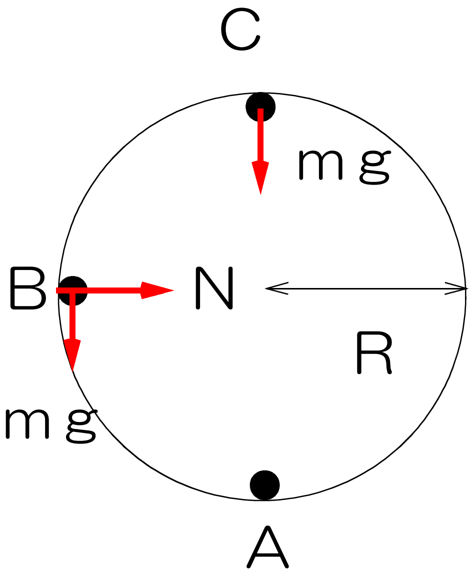


1.力学的エネルギー保存法則より求める。
高さの差はＬ－Ｌcos θ

2.下端を通過する瞬間、物体に働く力は張力Ｔと重力ｗの２つ。
向心力Ｆ＝Ｔ－ｗ　となる。
このＦを公式に代入。

3.　$F = m\frac{v^2}{r}$　に
１と２の答えを代入。

2問目



1.C点において物体に働く力は重力wと垂直抗力Nの２つである。

2.「C点で離れる」＝「Nが0」と考える。
したがってC点において向心力Fの役割を果たすのは重力wのみとなり、C点での物体の速さをv_Cとして、

$$F=m\frac{v^2}{r}$$ Fにmg、vにv_Cを代入。

v_Cを求める。
次に、A点とC点で力学的エネルギー保存の法則を用いて、A点での速さv_0を求める。

3.力学的エネルギー保存の法則を用いて速さを求め、円運動F＝の式を使ってNを求める。

3問目
垂直抗力Nが張力Tに変わっただけ。２と同じ考え方で解いていく。

「鉛直面内の円運動２」をやってみよう。

１問目

円筒の表面をすべるので、物体に働く力は重力と垂直抗力Ｎの2つだけ。この2つの力の合力が向心力Ｆとなっている。重力を円柱の中心に向かう方向と、それに垂直な方向の２つに分けて考える。

1.力学的エネルギー保存の法則により求める。

2.円柱の中心に向かう方向を正として考え、垂直抗力Ｎと重力の円筒の中心に向かう力の和を考える。

3.物体が円柱から離れる瞬間、垂直抗力が０になる。よって向心力の大きさはｍｇcosθ’となる。向心力の大きさが決まれば、速度が決まり、速度が決まれば、力学的エネルギー保存の法則から高さ(滑り降りた高さ)が決まる。また、cosθ’を与えられた記号で表すことが必要。

2問目

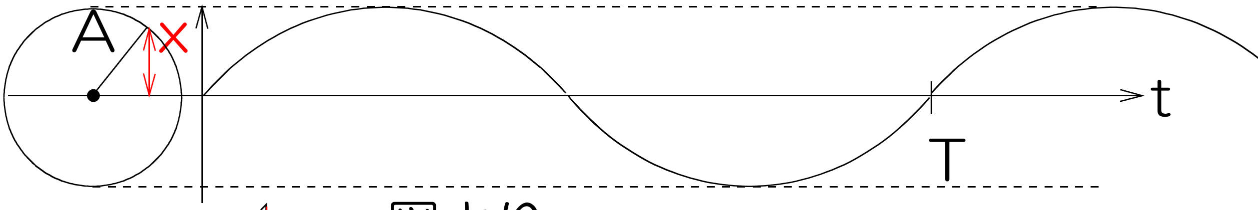
今までの問題を参考に自分で考えてみよう。

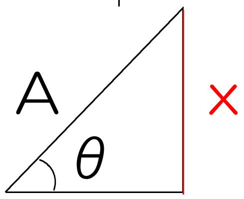
物理　17時間目

1.単振動（バネにおもりを付け、上下に振動）
同じ路を一定時間ごとに往復する運動
※単振動の動き方は円運動の動き方を真横から見たものに等しい。

2.単振動の変位 x [m]

x　（x の最大値はA）





図より

$\dfrac{x}{A} = \sin\theta$ より

$x = A\sin\theta$

$\omega = \dfrac{\theta}{t}$ より

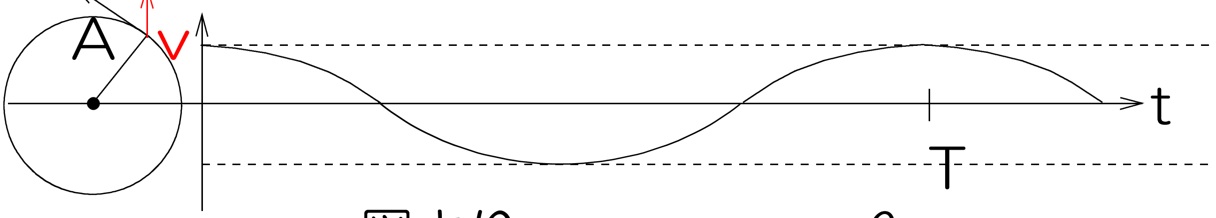
$\theta = \omega t$

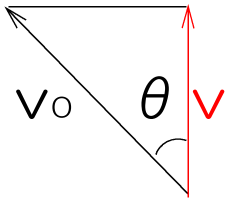
∴ $\boxed{x = A\sin\omega t}$

A：振幅[m]
ω：角速度[rad/s]
t：時間[s]

3.単振動の速度 v [m/s]

v_0　v　（v の最大値はAω）





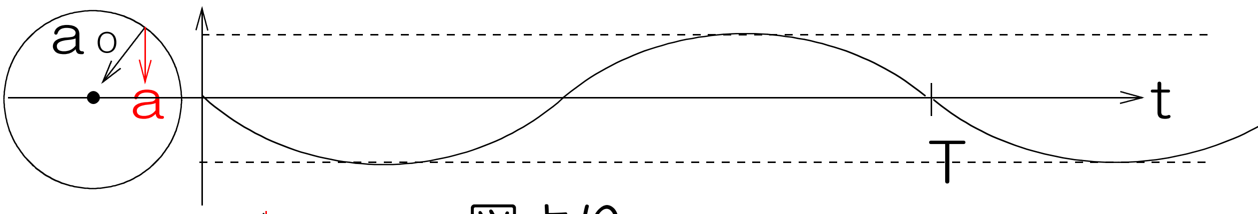
図より　$v = v_0\cos\theta$

（$v_0 = A\omega$（$v = r\omega$ より）
$\theta = \omega t$

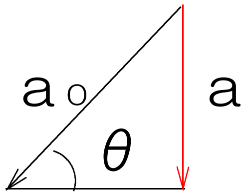
∴ $\boxed{v = A\omega\cos\omega t}$

4.単振動の加速度ａ[m/s^2]

（ａの最大値はＡω^2）



図より



$$\frac{a}{a_0} = \sin\theta$$

$$\therefore a = a_0 \sin\theta$$

$a = r\omega^2$より

$a_0 = A\omega^2$

$$a_0 = A\omega^2$$

$\theta = \omega t$　より

$$a = A\omega^2 \sin\omega t$$

θが０～１８０°のとき

ａ＜０なので“－”を付ける

$$\boxed{a = -A\omega^2 \sin\omega t}$$

また、$x = A\sin\omega t$より

$$\boxed{a = -\omega^2 x}$$

Ａ：振幅[m]
ω：角速度[rad/s]
ｔ：時間[s]

では、「単振動　変位・速度・加速度」をやって見よう。

物理　１８時間目

1.復元力Ｆ[N]

物体を単振動させる力のこと。

物体が$x=A\sin\omega t$で表される単振動をしているとき、

$a=-\omega^2 x$

$F=ma$　より

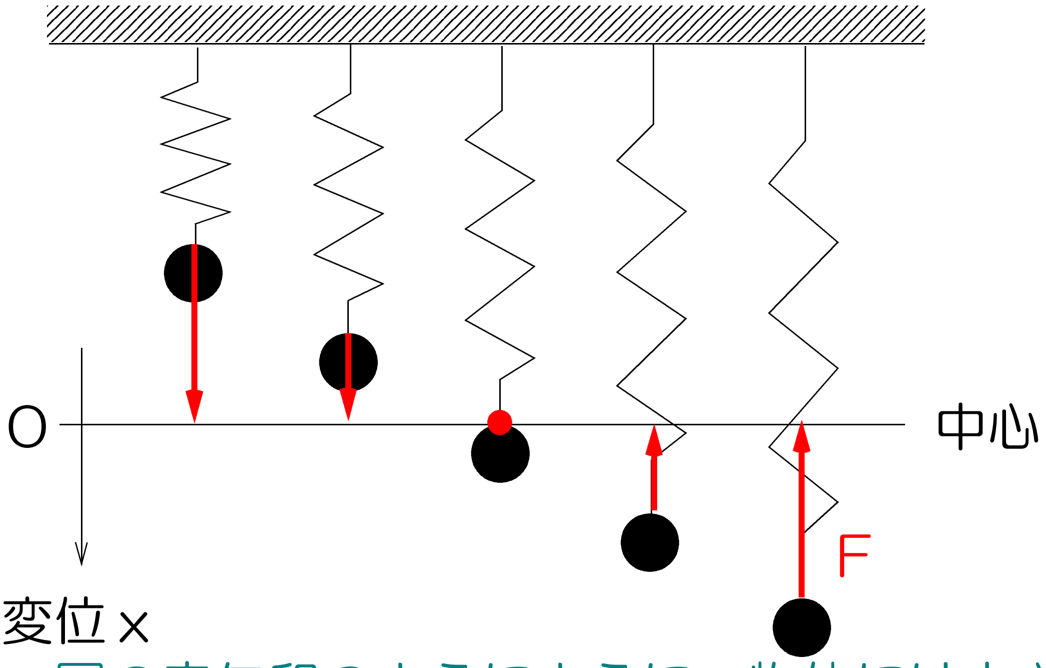
$$\boxed{F=-m\omega^2 x}$$

$m\omega^2$は一定なので、$m\omega^2=k$とおくと

$\boxed{F=-kx}$　（ｋはバネ定数ではない！）

単振動する物体には、その振動の中心に向かい、変位ｘに比例する力が働く。

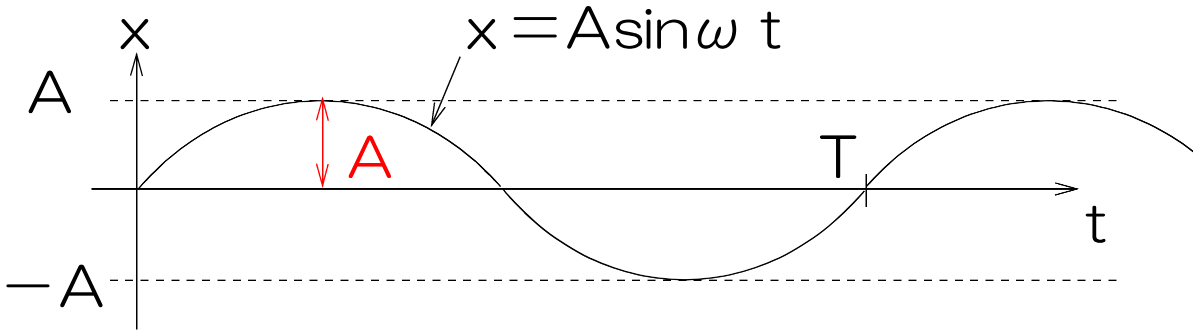
例　おもりにバネを付けて天井からつるし、上下に振動させる場合。



図の赤矢印のようにように、物体には中心に向かい、変位ｘに比例する力が働く。

2.振幅Ａ[m]

　変位ｘの最大値のこと



3.単振動の周期Ｔ[s]

　物体が１往復するのに要する時間。
　(円運動の周期Ｔと同じ)

$$\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega}}$$ ω：角振動数[rad/s]

4.単振動の振動数ｆ[Hz]

　物体が１秒間に往復する回数のこと。
　(円運動の回転数ｆと同じ)

5.周期Ｔと振動数の関係

$$\boxed{fT = 1}$$

　では、「単振動　復元力・振幅・周期・振動数」をやってみよう。

物理　１９時間目

1.復元力Ｆと周期Ｔの関係

単振動する物体の変位がｘときに、
物体に働く力の合力をＦとすると、
復元力Ｆ＝－ｋｘ。

$$k = m\omega^2 \quad \text{より}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{より}$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

復元力Ｆと周期Ｔの関係

物体に働く力の合力Ｆが

　Ｆ＝－ｋｘ　（ｋはバネ定数ではない）

で表されるとき、
単振動の周期Ｔは

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

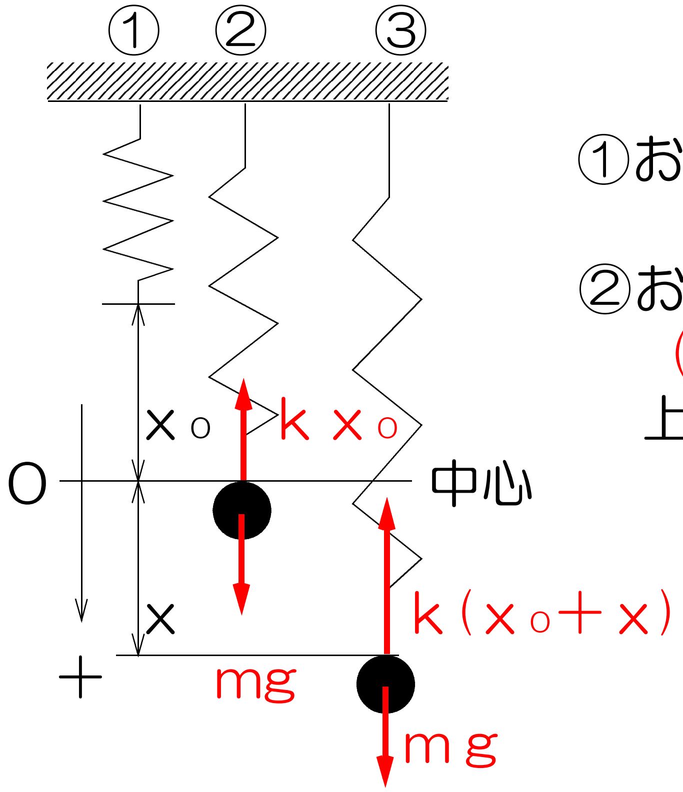
$k = m\omega^2$

ｍ：質量[kg]

になる。

2.バネ振り子

おもりにバネをつけ、天井からつるす。



①おもりが無いとき

②おもりが静止している時
(つり合いの位置)
上下のつり合いより
$mg = kx_0$

③おもりをさらにx[m]引き下げたとき
おもりに働く力の合力をFとすると

合力$F = mg - k(x_0 + x\mathrm{m})$
$= mg - kx_0 - kx$
$mg = kx_0$より
$= -kx$

$$\boxed{F = -kx}$$

k：バネ定数[N/m]
x：つり合いの位置からのバネの伸び[m]

おもりには中心に向かい、変位xに比例する力が働く。

←単振動の条件

→おもりは上下に単振動をする。

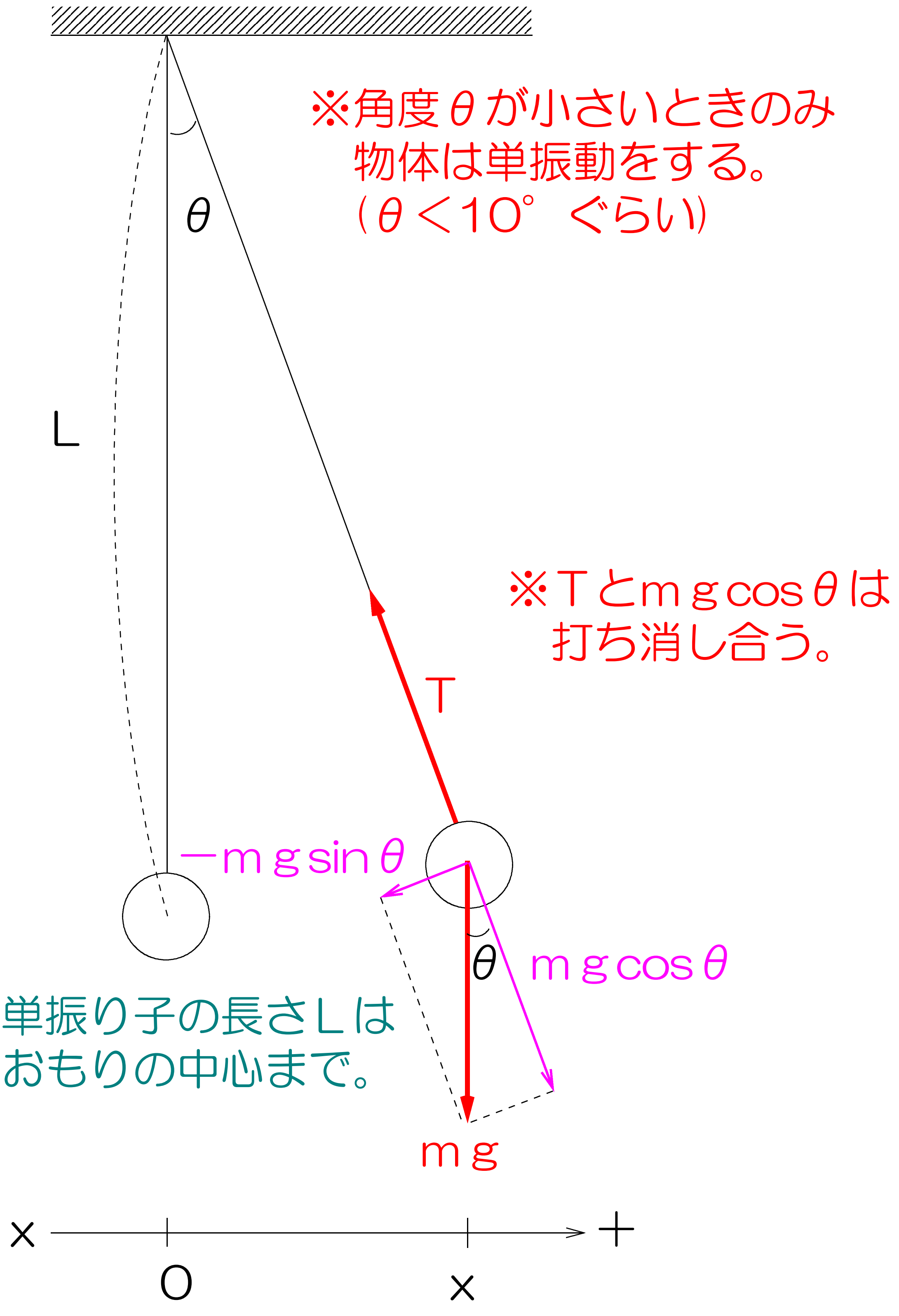
3.バネ振り子の周期Ｔ[s]

復元力と周期の関係 Ｆ＝－ｋｘのとき $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ より

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

ｍ：質量[kg]
ｋ：バネ定数[N/m]

4.単振り子
　おもりに糸をつけて天井からつるし、糸がたるまないように少しだけ傾ける。



図のとき、
　力のつり合いより
　$T = mg\cos\theta$

物体に働く合力をFとすると
　$F = -mg\sin\theta$
図より

$$\sin\theta = \frac{x}{L}$$

$$\therefore F = -mg \times \frac{x}{L}$$

$$\boxed{F = -\boxed{\frac{mg}{L}}\,x}$$

→おもりには中心に向かい、
　変位ｘに比例する力が働く。

→おもりは左右に単振動をする。

$$k = \frac{mg}{L}$$

5.単振り子の周期

復元力Ｆと周期の関係 $F = -kx$　のとき $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$　より

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\boxed{\frac{mg}{L}}}} = 2\pi\sqrt{m \times \frac{L}{mg}}$$

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}$$

Ｌ：単振り子の長さ[m]
ｇ：重力加速度
　$g = 9.8$ [m/s^2]

●あとがき

　単振動といったら、この「バネ振り子」と「単振り子」が定番です。その他では、木の棒を縦にし、下端におもりを付けて水面に浮かべ、上下に振動させる場合があります。

　単振り子において、張力Ｔとｍｇcosθは向きが反対で大きさが等しいので、打ち消し合います。
　もし、打ち消されないのであれば、力の大きい方へおもりは動くことになりますが、振り子の長さが一定なことから、この2つの力の大きさは等しく、互いに打ち消し合うことが分かると思います。

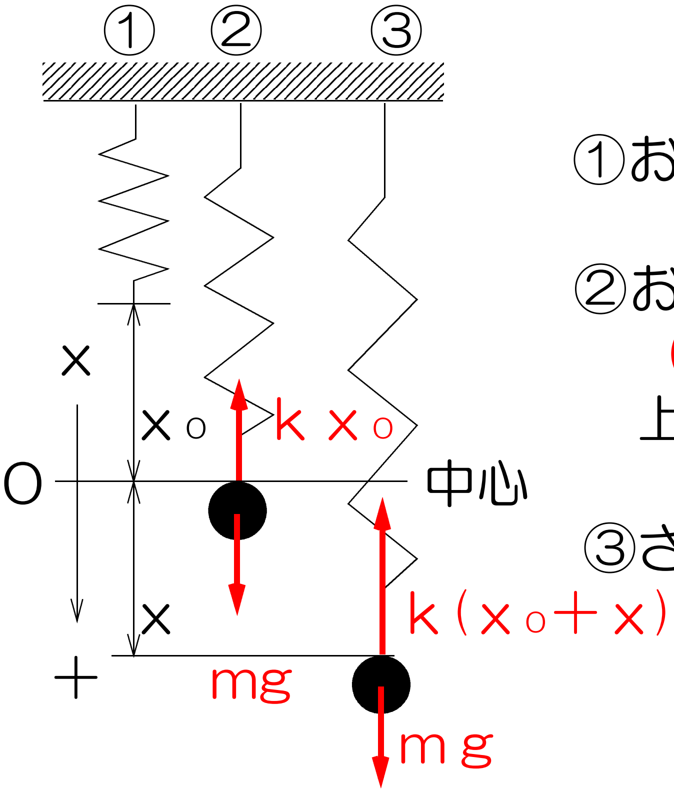
　物体が単振動をする条件と、そのときの周期の関係が理解しづらいと思いますが。１７時間目のはじめの所をよく見返してください。

　図にも書きましたが、単振り子の場合は最大の振れ角が小さいときのみ、この周期Ｔの公式は成り立ちます。それは物体に働く－ｍｇsinθが、θが大きいと水平から大きく傾き、中心に向かう力の大きさが－ｍｇsinθにならず、単振動の条件を満たさなくなるからです。つまりここでは、－ｍｇsinθは常に水平方向を向いていると近似して考えています。このように物理は厳密さを追求する数学と異なり、ちょっとごまかすときがあります。
　ちなみにθが十分に小さいとき、sinθ≒θになります。（[rad]を使った場合。これもごまかし）

　では、「単振動の周期」をやってみよう。

物理　２０時間目

1.バネ振り子の力学的エネルギー保存の法則



①おもりが無いとき

②おもりが静止している時
（つり合いの位置）
上下のつり合いより
$mg = kx_0$

③さらにｘ引き下げたとき

$U = U_K + U_P + U_P$

U ：力学的エネルギー[J]
U_K：運動エネルギー[J]
U_P：重力による位置エネルギー[J]
U_P：弾性力による位置エネルギー[J]

力学的エネルギー保存の法則
重力や弾性力のみによって運動する物体の持つ力学的エネルギーは一定に保たれる。

$U = U_K + U_P + U_P$　＝一定

つり合いの位置を基準面（ｈ＝０）とする。
おもりがつり合いの位置からｘ[m]下の点を通過するときのおもりの速さをｖとすると、

$$U=\frac{1}{2}mv^2+mg(-x)+\frac{1}{2}k(x_0+x)^2 = 一定$$

$$=\frac{1}{2}mv^2-mgx+\frac{1}{2}kx_0^2+\frac{1}{2}k2xx_0+\frac{1}{2}kx^2$$

$$=\frac{1}{2}mv^2-mgx+\frac{1}{2}kx_0^2+kxx_0+\frac{1}{2}kx^2$$

$mg=kx_0$より　$k=\frac{mg}{x_0}$

$$=\frac{1}{2}mv^2-mgx+\frac{1}{2}kx_0^2+\frac{mg}{x_0}xx_0+\frac{1}{2}kx^2$$

$$=\frac{1}{2}mv^2-\cancel{mgx}+\frac{1}{2}kx_0^2+\cancel{mgx}+\frac{1}{2}kx^2$$

$$=\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx_0^2 + \frac{1}{2}kx^2 = 一定$$

$\frac{1}{2}kx_0^2$ は一定なので

$\therefore\ \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$ も一定

バネ振り子の力学的エネルギー保存の法則 つり合いの位置を$h=0$，$x=0$とすると $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = 一定$

では、「バネ振り子の力学的エネルギー保存の法則をやってみよう。

物理　２１時間目

ここから　第5章　電場(電界)の話

1.帯電

正または、負の電気を帯びること。種類の異なる2物体を擦りあわせると次のように帯電する。

例1　ガラス　と　絹布
　　　⊕　　　　㊀

例2　エボナイト　と　毛皮
　　　㊀　　　　　⊕

2.電荷Q[C](クーロン)

帯電した物体の持つ電気のこと。

3.静電気力(クーロン力)

電荷間に働く力のこと。

特徴　①同種の電荷は反発する。
　　F←　⊕　　　⊕　→F
　②異種の電荷は引き合う。
　　⊕　→　F　←　㊀

4.電気素量e

電荷の最小単位

$e = 1.6 \times 10^{-19}$[C]

※電子１個の持つ電気量は

$-e = -1.6 \times 10^{-19}$[C]

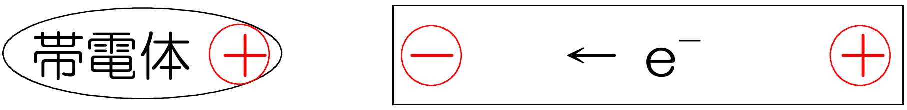
5.電荷保存則
　物体間で電荷のやりとりがあっても
　電荷の総量(和)に変化はない。

6.導体
　電気をよく通す物質　例：銀　銅　…

7.不導体
　電気を通さない物質　例：ゴム　ガラス　…

8.静電誘導
　導体に帯電体を近づけると、静電気力により、導体内の自由電子ｅ⁻が移動して、帯電体の近い側に異種の、遠い側に同種の電荷が現れる現象。

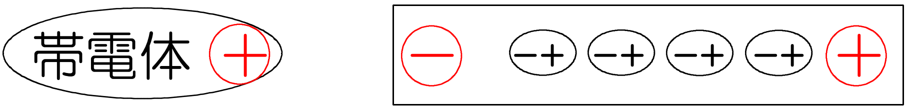
例



導体

9.誘電分極
　不導体に帯電体を近づけると、原子や分子内部の電子の位置がわずかにずれて、帯電体の近い側に異種の、遠い側に同種の電荷が現れる現象。

例

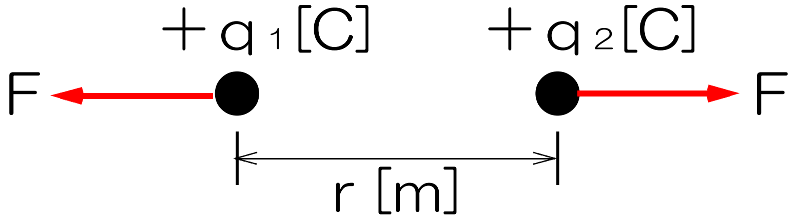


不導体

では、「電荷と帯電」をやってみよう。

物理　２２時間目

1.静電気力(クーロン力) F [N]



実験より

$$\boxed{F = k_0 \frac{q_1 q_2}{r^2}}$$

q_1，q_2 ：電気量[C]

r ：電荷間の距離[m]

k_0：クーロン定数

$k_0 = 9.0 \times 10^9$ [Nm²/C²]

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \fallingdotseq 9.0 \times 10^9$$

ε_0：真空中の誘電率

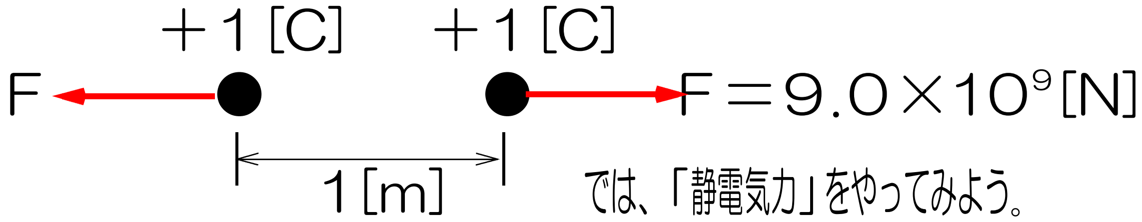
$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ [C²/Nm²]

ε（イプシロン）

2.クーロン[C]

電気量の単位。

定義：真空中に等量の電荷を１[m]の距離においたときに、お互いに働く力の大きさが9×10^9[N]になるような電気量を１[C]とする。



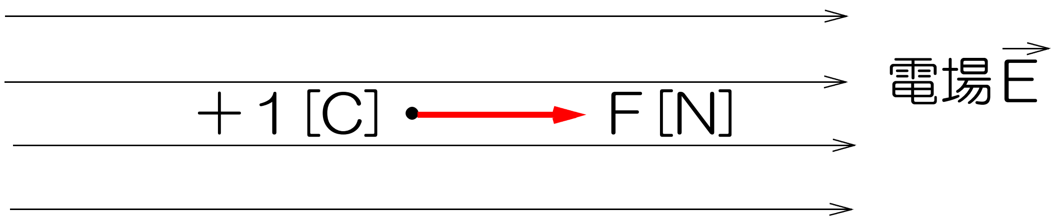
では、「静電気力」をやってみよう。

物理　２３時間目

1.電場(電界)

電荷に静電気力の働く空間のこと。

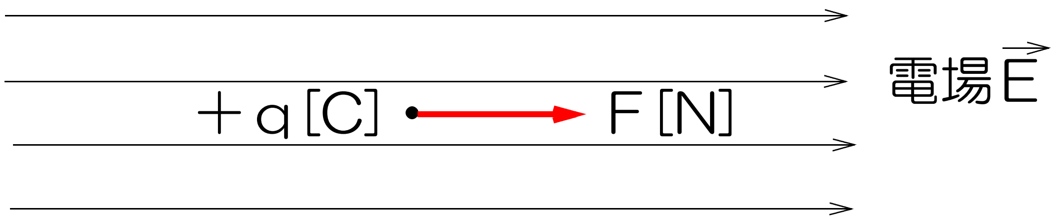
2.電場の強さＥ[N/C]



定義：電気量＋１[C]の電荷に１[N]の静電気力が働くような電場Ｅの強さを１[N/C]とする。

3.電場の中の電荷に働く力Ｆの大きさ

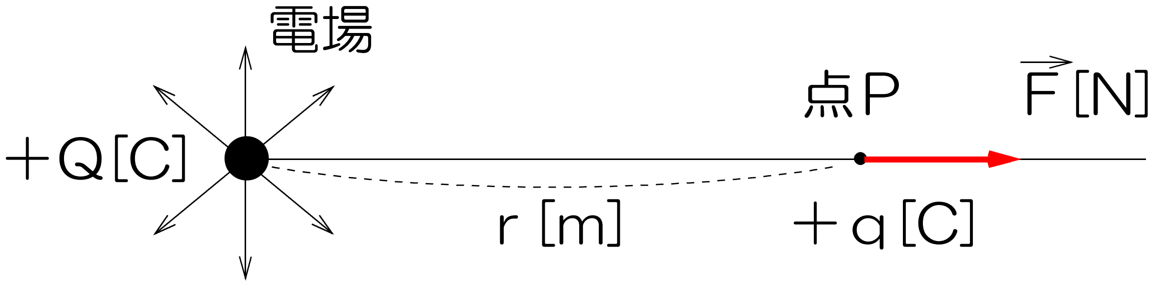
電荷に働く力Ｆの大きさは電場の強さＥと電気量ｑに比例する。



$\boxed{F = qE}$

ｑ：電気量[C]
Ｅ：電場の強さ[N/C]

4.点電荷Qの作る電場とその強さE



　点電荷Qは、放射線状の電場を作る。点Pでの電場の強さをEとすると、

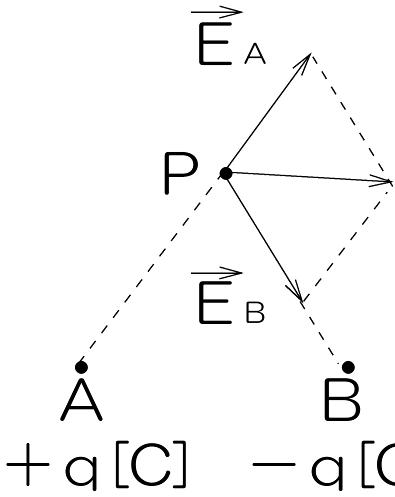
$$\begin{cases} F = qE \\ F = k_0 \dfrac{q_1 q_2}{r^2} \end{cases}$$ より

$$qE = k_0 \frac{Qq}{r^2}$$

$$\boxed{E = k_0 \frac{Q}{r^2}}$$

Q：電気量[C]
r：距離[m]

5.電場の合成



$$\boxed{\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B}$$

$\vec{E}$ ：点Pにおける実際の電場[N/C]
$\vec{E}_A$：点Aの電荷が点Pに作る電場[N/C]
$\vec{E}_B$：点Bの電荷が点Pに作る電場[N/C]
では、「電場」をやってみよう。

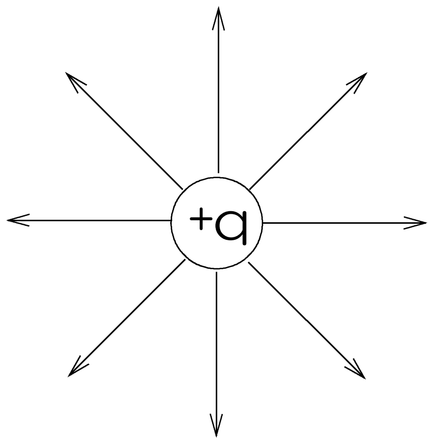
物理　２４時間目

1.電気力線（でんきりきせん）

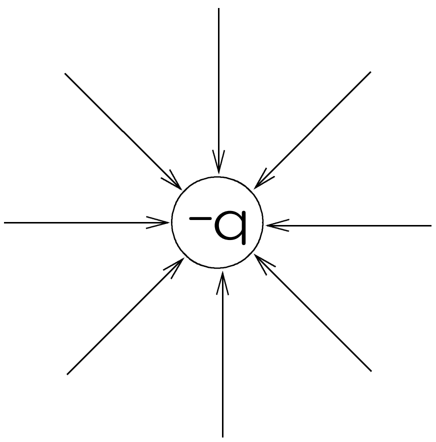
電場の様子を図に表すために考えられた線。

特徴　①正電荷から出て負電荷に入る。
　　　②交わったり枝分かれしない。
　　　③電気力線の接線の向きは
　　　　その点の電場の向きを表す。
　　　④線の密度の高い場所は電場が強い。

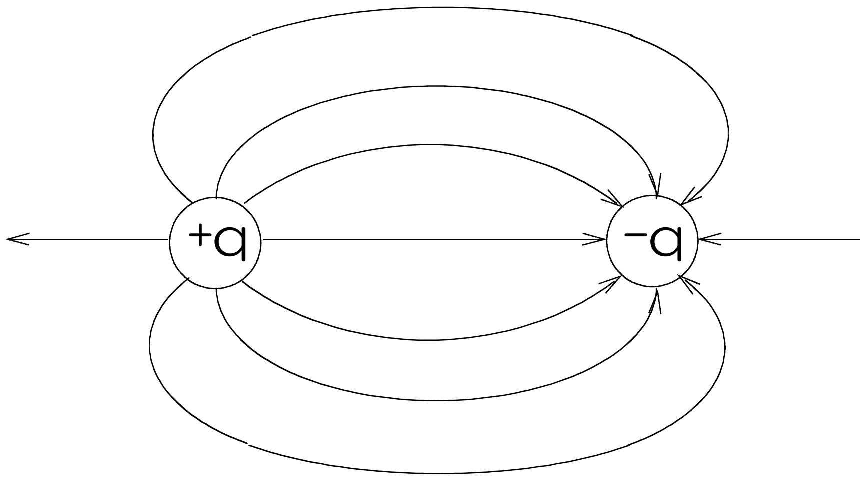
例１



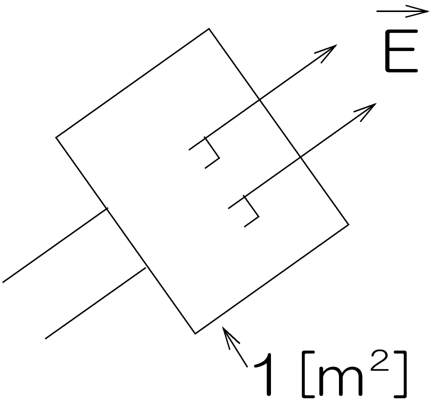
例２



例３

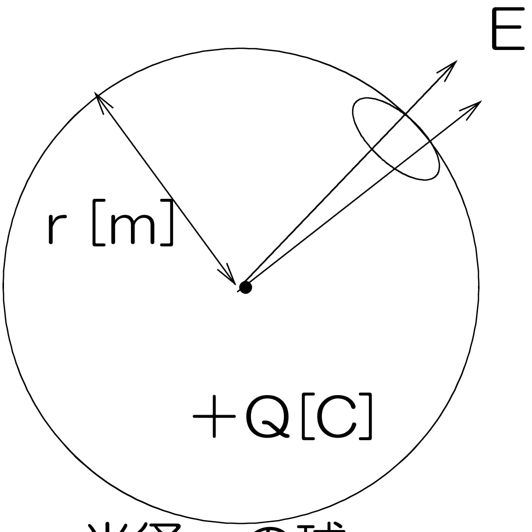


2.電気力線の密度



定義：電場の強さがＥ[N/C]の点では、電場に垂直な１[m²]の面をＥ本の電気力線が通るものとする。

3.点電荷Ｑから出る電気力線の本数Ｎ



半径ｒの球

点電荷Ｑを中心とする半径ｒの球を考える。
全球面での電場の強さをE、球の面積をＳ、球面を通る全電気力線の数をＮとすると、

$$N = \text{面積}S \times 1[\mathrm{m}^2]\text{あたりの本数}E$$
$$= 4\pi r^2 \times k_0 \frac{Q}{r^2}$$

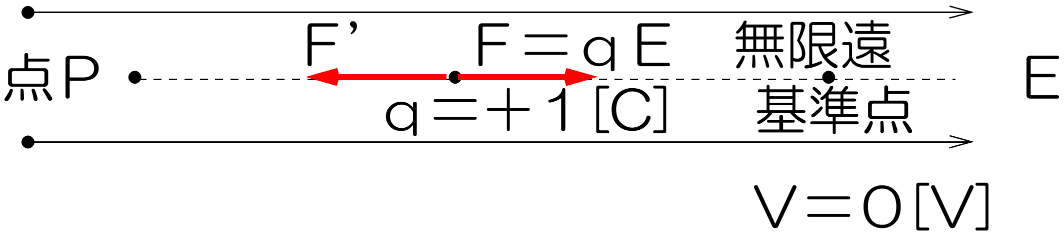
$$\boxed{N = 4\pi k_0 Q}$$

k_0：クーロン定数
$k_0 = 9.0 \times 10^9 [\mathrm{Nm}^2/\mathrm{C}^2]$
Ｑ：電気量[C]

では、「電気力線」をやってみよう。

物理　２５時間目

1.電位V[V]



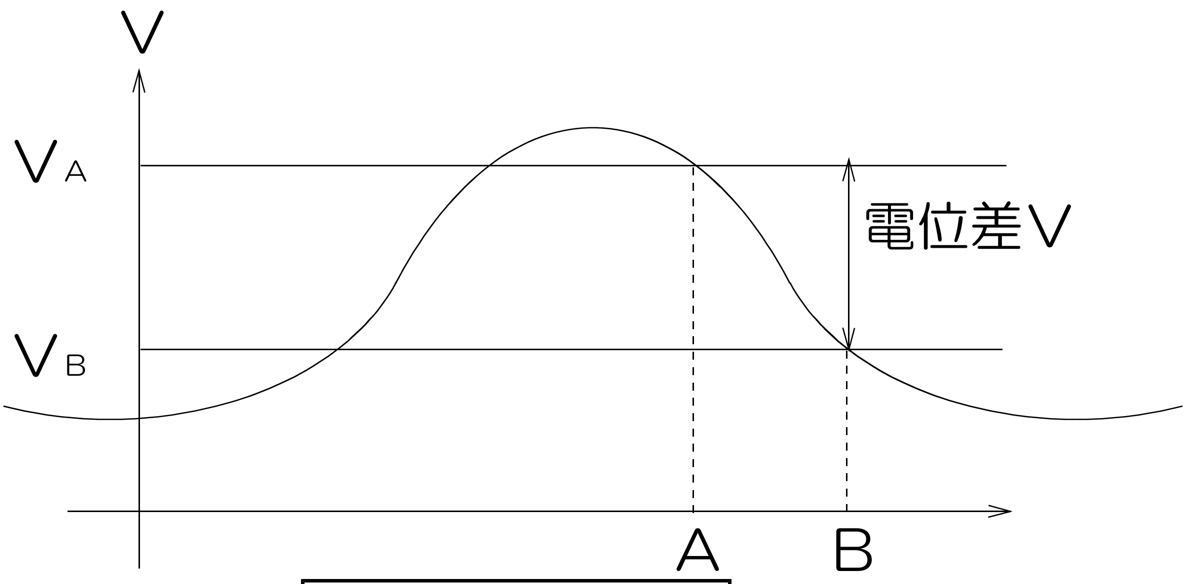
定義：＋１[C]の点電荷qを基準点(無限遠)から点Pまで運ぶのに必要な仕事wをその点Pの電位Vと呼ぶ。

$$\boxed{V = \frac{w}{q}}$$

w：仕事[J]　　仕事＝力×距離
q：電気量[C]　　力F＝qE

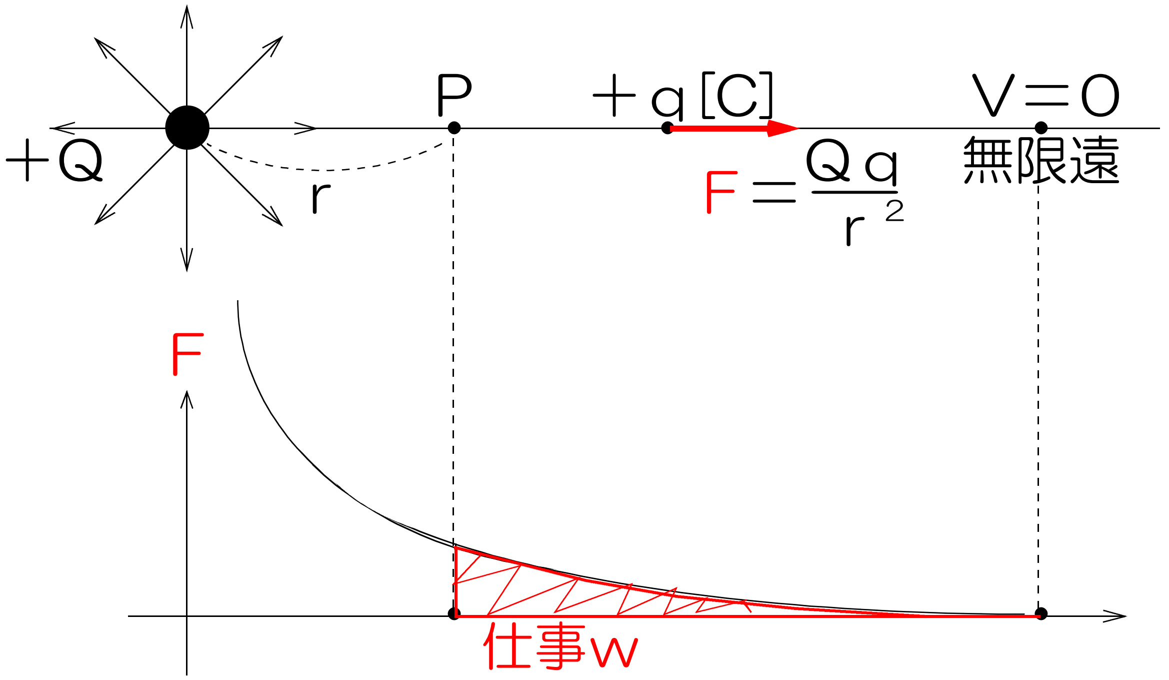
2.電位差V[V]

①電場の中の2点の電位の差のこと。
②点Bから点Aまで＋１[C]の点電荷を運ぶのに必要な仕事の量。



$$\boxed{V = V_A + V_B}$$

3.点電荷のまわりの電位V[V]



+q[C]の点電荷に働くクーロン力をFとすると

$$F = k_0\frac{q_1q_2}{r^2} \quad より$$

$$F = k_0\frac{Qq}{r^2}$$

+q[C]の電荷を無限遠からr[m]の点までクーロン力に逆らって運ぶのに必要な仕事をwとすると

$$w = \int_{\infty}^{r} k_0\frac{Qq}{r^2}\,dr$$

$$= -k_0Qq\int\frac{1}{r^2}\,dr$$

$$= -k_0Qq\times\left(-\frac{1}{r}\right)$$

$$= \frac{k_0Qq}{r}$$

$$V = \frac{w}{q} \quad より$$

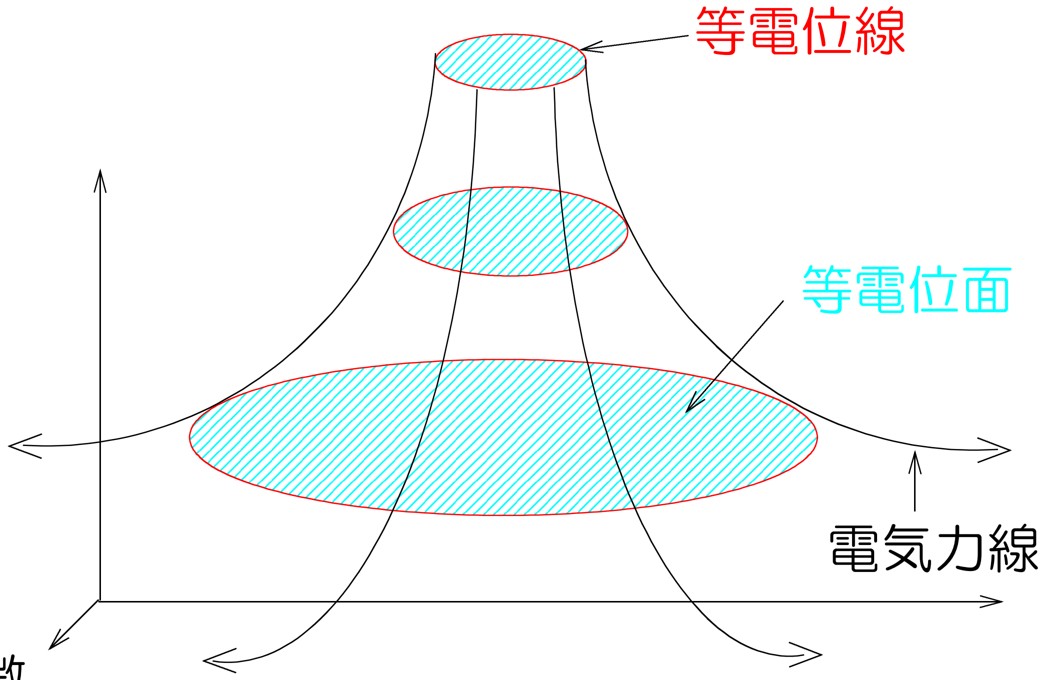
$$V = \frac{k_0 Q q}{r} \times \frac{1}{q}$$

$$\boxed{V = k_0 \frac{Q}{r}}$$

Q：電気量[C]
r：距離[m]
k_0：クーロン定数
$k_0 = 9.0 \times 10^9 [Nm^2/C^2]$

4.等電位面
等しい電位の点を連ねた面のこと。

5.等電位線
等電位面のふちの部分。

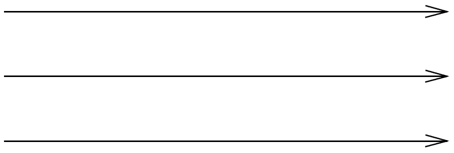


特徴
①等電位面上での電荷の移動に必要な仕事は0。
$V = w/q$より　$w = qV$　$w = q \times 0 = 0[J]$
②等電位面と電気力線は直交する。
では、「電位」をやってみよう。

物理　２６時間目

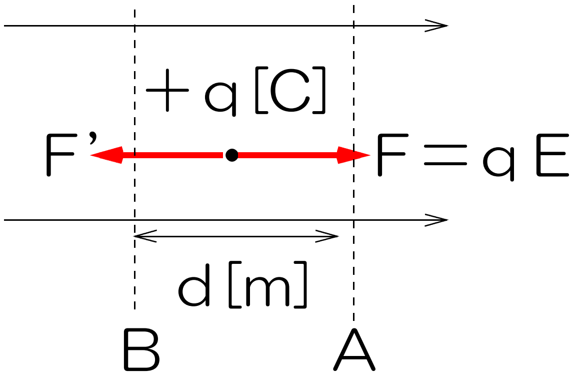
1.一様な電場（いちようなでんば）

電場の向きと強さが一定な電場のこと。



一様な電場E

2.一様な電場の強さE[N/C]［V／m］単位2つ



電荷qを静電気力Fに逆らって距離d[m]移動させるのに必要な仕事をwとすると

$w = Fs$　より

$w = F'd$

$F' = qE$　なので

$w = qEd$

$V = \frac{w}{q}$　なので

$V = \frac{qEd}{q}$

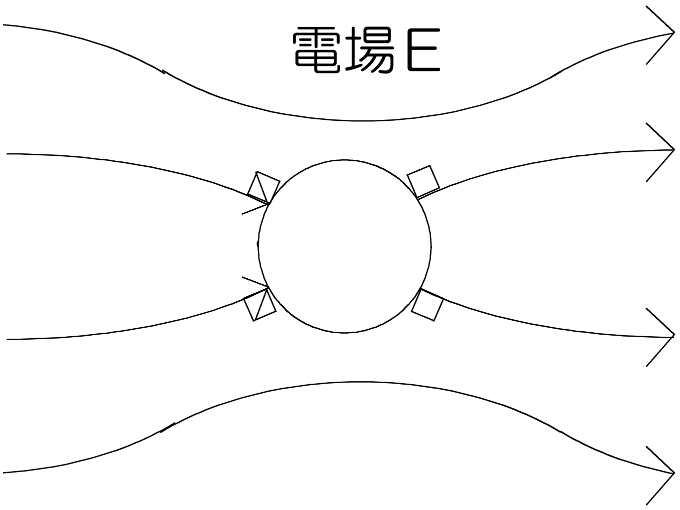
$V = Ed$

$\boxed{E = \frac{V}{d}}$

V：電位差[V]

d：距離[m]

3.電場の中におかれた導体



　静電誘導により、導体内の電子が電場と逆向きに移動し、その電荷によって逆向きの電場が導体内に作られて元の電場を打ち消す。
（電子の移動は導体内部の電場が打ち消されるまで続く）

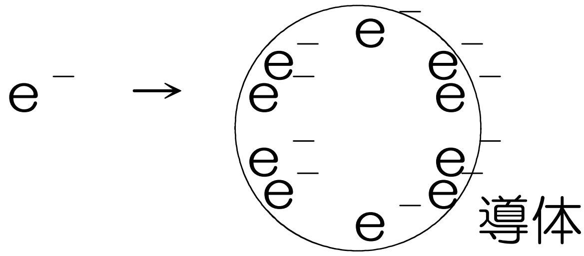
特徴　①導体内の電場の強さは0。
　　　②導体内は全て等電位。
　　　③電気力線は導体表面に垂直。

4.電場の中におかれた不導体

　誘電分極により、不導体内部の電荷の位置がずれて逆向きの電場を作り、元の電場の一部を打ち消す。

5.帯電した導体

　導体に電荷を与えると、お互いに反発してその表面のみに分布し、その内部(中心)には分布しない。



では、「一様な電場」をやってみよう。

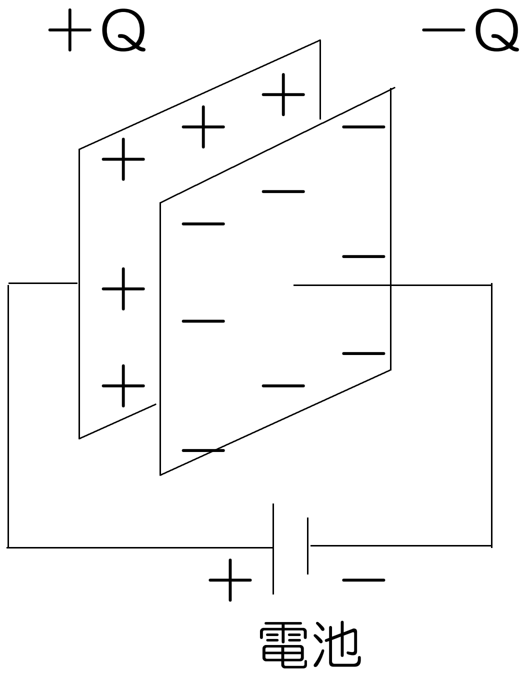
物理　２７時間目

1.コンデンサー

電荷を蓄える装置

2.平行板コンデンサー

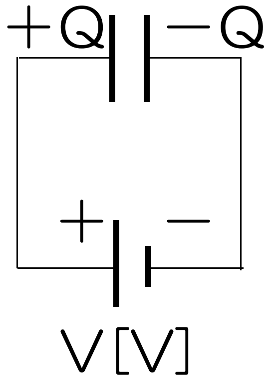
2枚の金属板を向かい合わせに並べてつくる
コンデンサーのこと



3.電気容量C[F](ファラッド)

電荷の蓄えやすさを表す量

定義：１[V]あたり、１[C]の電荷を蓄える
コンデンサーの電気量を１[F]とする。

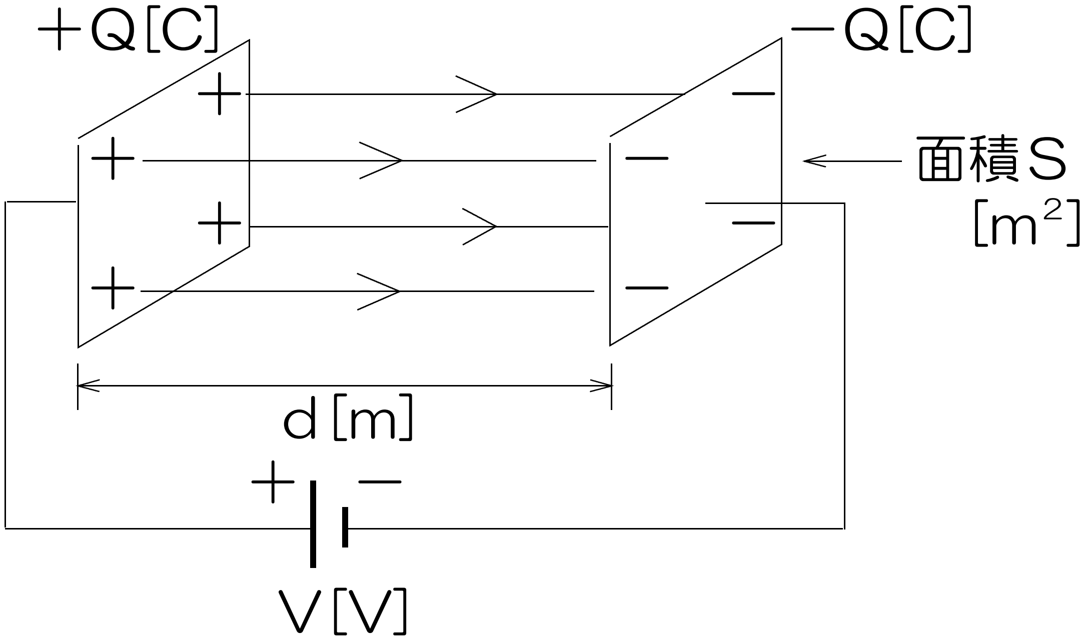


$C = \dfrac{Q}{V}$ より

$\boxed{Q = CV}$

Q：電気量[C]
V：電圧[V]

4.平行板コンデンサーの電気容量



$$E = \frac{V}{d}$$

$$E = \frac{4\pi k_0 Q}{S}$$ より

$$\frac{4\pi k_0 Q}{S} = \frac{V}{d}$$

$Q=CV$ より

$$\frac{4\pi k_0 CV}{S} = \frac{V}{d}$$

$$C = \frac{1}{4\pi k_0} \times \frac{S}{d}$$

$\frac{1}{4\pi k_0}$は一定なので、$\frac{1}{4\pi k_0} = \varepsilon_0$とすると

$$\boxed{C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}}$$

S：面積[m^2]

d：距離[m]

ε_0：真空の誘電率

$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$[$C^2/Nm^2$]

5.誘電体

コンデンサーの極板間に入れる不導体のこと

6.誘電体を入れたコンデンサーの電気容量C

$$\boxed{C = \varepsilon_r C_0}$$

ε_r：比誘電率　単位なし

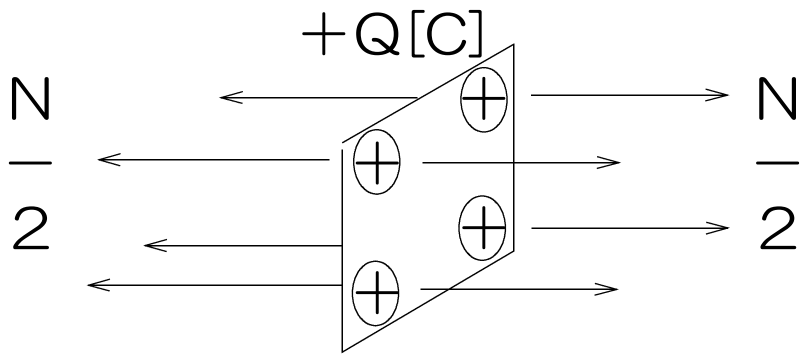
C_0：元の電気容量[F]

●あとがき

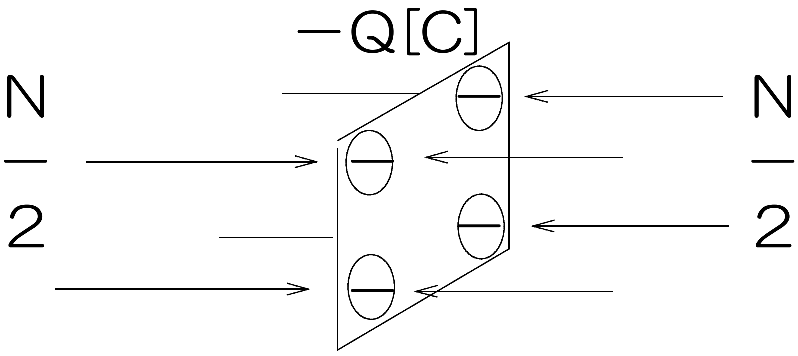
２枚の金属板の間の電気力線の数について

＋Q[C]の点電荷から出る電気力線の数をNとすると、$N = 4\pi k_0 Q$本であったが、平板でも同じである。また、電気力線は導体の表面に垂直なので、電気力線は金属板の表面から平行に出て行く。

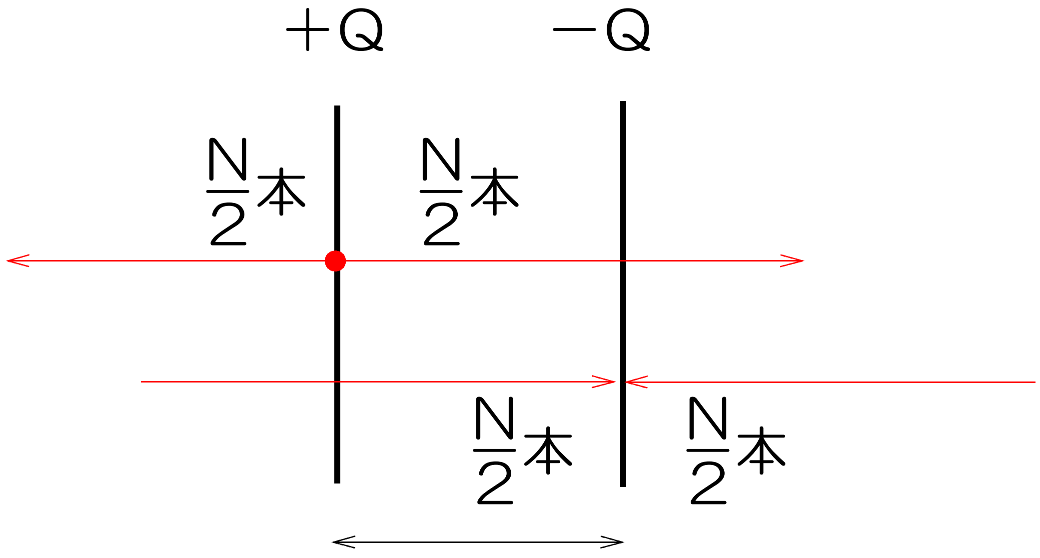
＋Qに帯電した金属板を真横から見ると数のように、左右にN／２本ずつ電気力線が出ることになる。



同様に、電気量が−Qのとき、金属板には、左右からN／２本の電気力線が入ることになる。



ここで、２枚の金属板を並べて真横から見ると、金属板の間は電場の向きが同じなので、お互いに強め合い、合計N本となる。



$$\frac{N}{2}+\frac{N}{2}=N\text{本}$$
$$=4\pi k_0 Q\text{本}$$

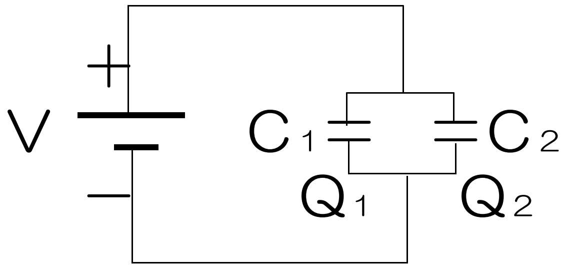
また、右側の金属板の右側と、左側の金属板の左側は 、互いに逆向きの電場によって打ち消されるので、０になる。

では、「平行板コンデンサー」をやってみよう。

物理　２８時間目

1.コンデンサーの並列接続

並列接続なので、C_1とC_2に加わる電圧はともにＶであり、C_1に蓄えられる電気量をQ_1とすると、



$Q=CV$より

$Q_1=C_1V$

同様に、

$Q_2=C_2V$

C_1とC_2に蓄えられる電気量の和をＱとすると、

$$\begin{aligned} Q &= Q_1+Q_2 \\ &= C_1V+C_2V \\ &= (C_1+C_2)V \cdots ① \end{aligned}$$

C_1とC_2の合成容量をＣとすると、

$Q=CV \cdots ②$

①と②より

$CV=(C_1+C_2)V$

$\therefore C=C_1+C_2$

並列につなげたC_1とC_2を１つのコンデンサーと見なしたときの電気容量(合成容量)Ｃ

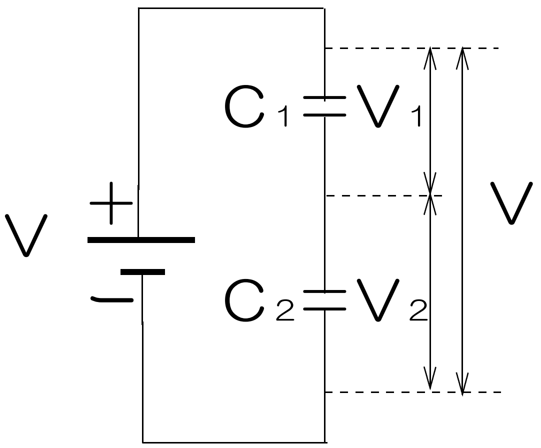
$\boxed{C=C_1+C_2+\ \cdots}$

2.　　コンデンサーの直列接続

直列接続なので　$V=V_1+V_2$

（C_1とC_2には同量の電荷Qが蓄えられる）

$Q=CV$より　　$V=\dfrac{Q}{C}$



$$\therefore V_1=\frac{Q}{C_1}\quad V_2=\frac{Q}{C_2}$$

$V=V_1+V_2$より

$$\therefore V=\frac{Q}{C_1}+\frac{Q}{C_2}$$

$$\therefore V=\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\right)Q \quad \cdots①$$

C_1とC_2の合成容量をCとすると

$$V=\frac{Q}{C} \quad \cdots②$$

①＝②より

$$\therefore \frac{Q}{C}=\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\right)Q$$

$$\therefore \frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$$

直列に接続されたC_1とC_2を１つのコンデンサーと見なしたときの電気容量（合成容量）C

$$\boxed{\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\cdots}$$

では、「コンデンサーの並列直列接続」をやろう。

物理　２９時間目

1.プリント
「コンデンサーのつなぎ替え」
「コンデンサーを含む回路」
「コンデンサーを含む回路２」
　をやってみよう。

物理　３０時間目

1.静電エネルギーU[J]

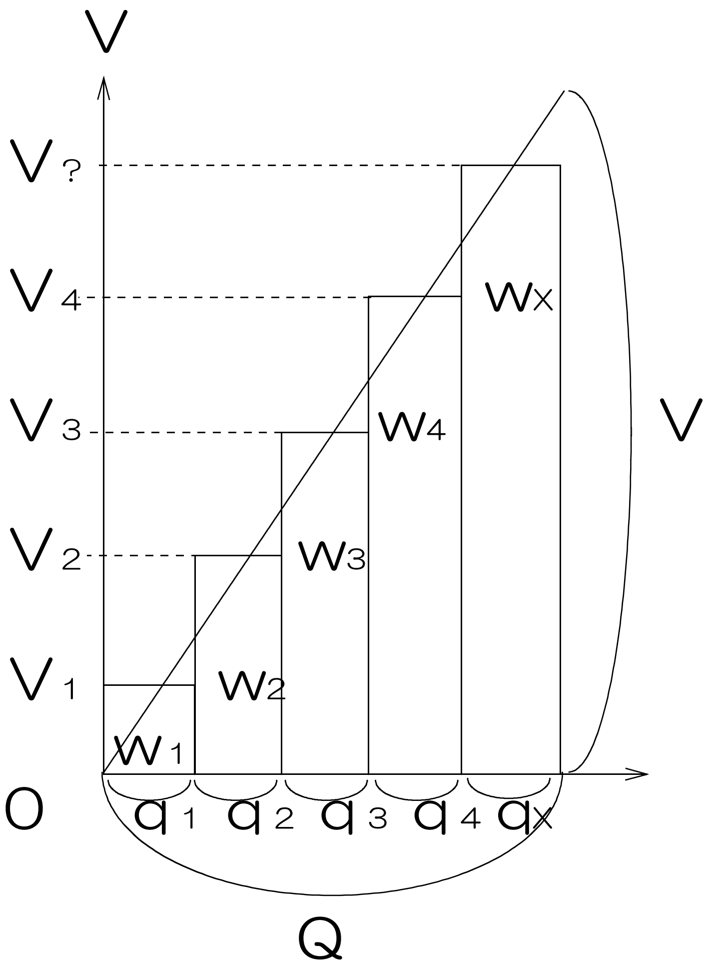
電荷を蓄えたコンデンサーの持つエネルギー

コンデンサーの持つエネルギーの量U	＝	コンデンサーの充電に必要な仕事w

2.コンデンサーの充電

Q＝CVより

$V=\dfrac{Q}{C}$ → コンデンサーに蓄えられた電気量Qが大きくなると、コンデンサーの電圧が高くなる。



$Q=Q_1+Q_2+\ \cdots$

$V=\frac{w}{q}$　より

$w=qV$

$\therefore w_1=q_1V_1$

$w_2=q_2V_2$

$w_3=q_3V_3$

$w=w_1+w_2+w_3+\ \cdots$

＝グラフ上の三角形の面積

$=Q\times V\div 2$

$=\frac{1}{2}QV$

$Q=CV$より

$w=\frac{1}{2}CV^2$

$U=w$　より

静電エネルギーU[J]

$\boxed{U=\frac{1}{2}QV}$

Q：電気量[C]

C：電気容量[F]

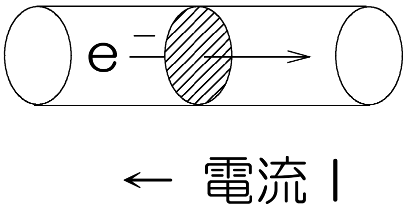
$\boxed{U=\frac{1}{2}CV^2}$

V：電圧[V]

では、「静電エネルギー」をやってみよう。

物理　３１時間目

1.電流Ｉ[A]　（Ｉはｉの大文字）



定義　導体の断面を１秒間に１[C]の電荷が横切るときこの電流を１[A]とする。

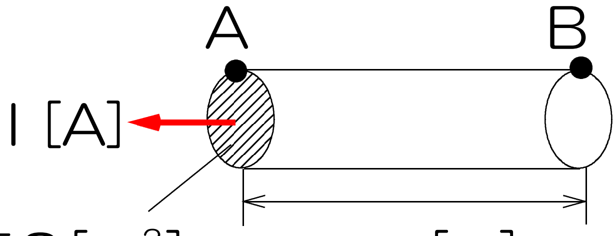
$$\boxed{I = \frac{Q}{t}}$$

Ｑ：電気量[C]
ｔ：時間[s]

（１[C]＝$1.6\times10^{-19}\times6.25\times10^{18}$個）

2.定常電流

大きさや向きが一定な電流のこと。



電子の速さをｖとすると、断面Ｓを１秒間に横切る電子の数Nは、ＡＢ間に含まれる電子の数に等しい。

Ｎ　＝　体積×１[m³]中に含まれる電子の数ｎ
　　＝　ｖ×Ｓ×ｎ

断面Ｓを横切る電子の全電気量をＱとすると、

$Q = Ne$

$N = vsn$　より

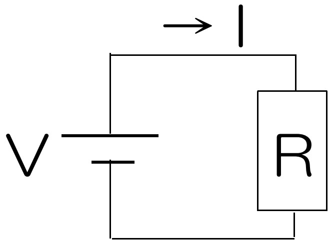
$Q = envs$

$I=\dfrac{Q}{t}$　より

$$\boxed{I=envs}$$

e：電気素量[C]
　$e=1.6\times10^{-19}$[C]
n：導線１[m^3]に含まれる電子の数［個／m^3］
v：電子の導線内での速さ[m/s]
S：導線の断面積[m^2]

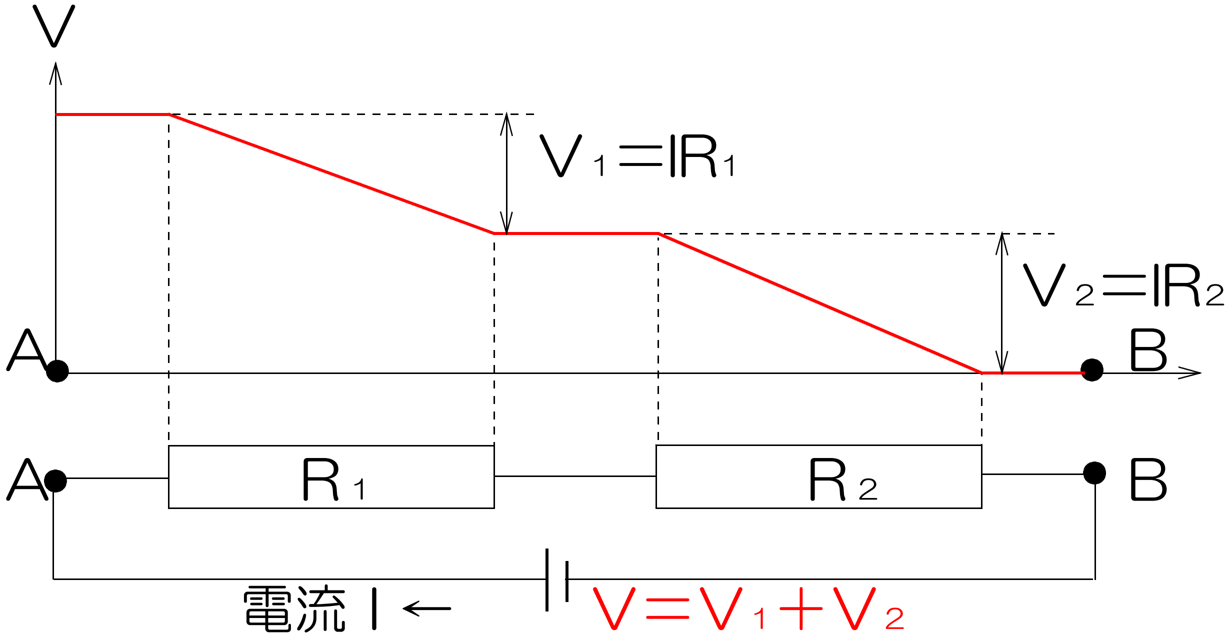
3.オームの法則
　電圧Ｖと電流Ｉと、抵抗Ｒの関係を表す法則。



$$\boxed{I=\dfrac{V}{R}}$$

Ｖ：電圧[V]
Ｉ：電流[A]
Ｒ：抵抗[Ω]

4.電圧降下
　電流が抵抗を通過するときに電圧が下がる現象。

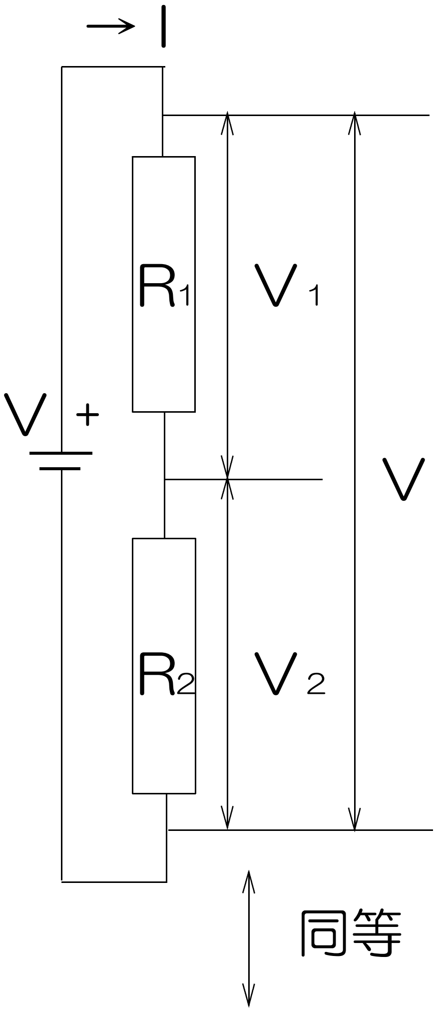


　では、「電流・オームの法則・電圧降下」をやってみよう。

物理　32時間目

1.抵抗の直列接続

直列接続なのでR_1とR_2に流れる電流は共にI



$I=\dfrac{V}{R}$　より

$V=IR$

$$\begin{cases} V_1=IR_1 \\ V_2=IR_2 \\ V=V_1+V_2 \end{cases}$$ より

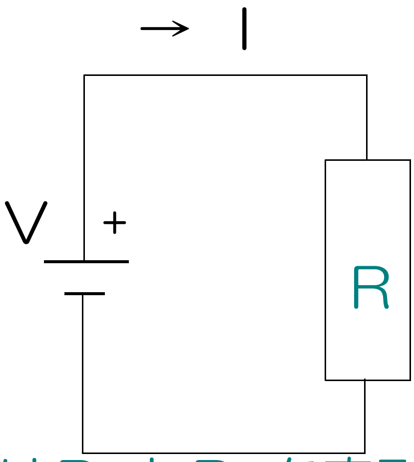
$V=IR_1+iR_2$

$\quad=I(R_1+R_2)$

$V=IR$より

$IR=I(R_1+R_2)$

$\therefore R=R_1+R_2$



直列接続された抵抗の
「合成抵抗値R」

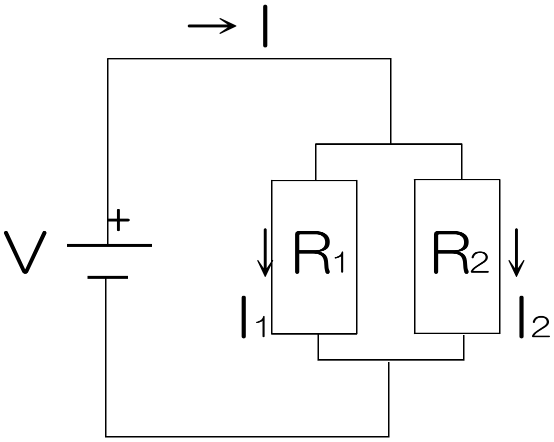
$\boxed{R=R_1+R_2+\quad\cdots}$

RはR$_1$とR$_2$を直列接続したものと同じ働きをする。

2.抵抗の並列接続

並列接続なのでR_1とR_2にかかる電圧は共にV

$$I = \frac{V}{R}$$ より



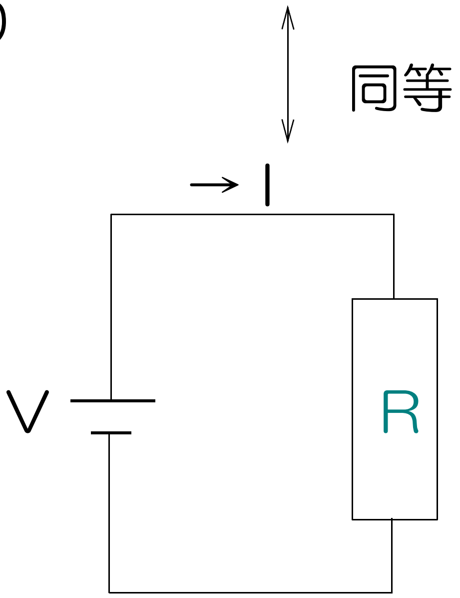
$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$I = I_1 + I_2$$ より

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

$$I = \frac{V}{R}$$ より



$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} = \frac{V}{R_2}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

RはR_1とR_2を並列にしたものと同じ働きをする。

並列接続された抵抗の「合成抵抗値R」

$$\boxed{\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots}$$

3.抵抗率ρ(ロウ)[Ωm]

断面積1[m^2]、長さ1[m]の導線の抵抗値のこと。

例　銅　1.7×10^{-8}[Ωm]

　　鉄　8.8×10^{-8}[Ωm]

実験より、

電気抵抗値Rの大きさは、

①導線の長さLに比例する。

②断面積Sに反比例する。

$$\boxed{R = \rho\frac{L}{S}}$$

ρ：抵抗率[Ωm]

L：導線の長さ

S：導線の断面積[m^2]